

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilná



DIPLOMOVÁ PRÁCA

2008

Bc. Elena Pitáková

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilná

Katedra odevníctva

Obor: Odevná technológia

INOVACE POSTUPU TVORBY VODIVÝCH DRAH

THE INNOVATION OF PROCESS TO CREATE CONDUCTING TRACK.

Bc. Elena Pitáková

KOD – 808

Vedúci diplomovej práce: Ing. Renáta Němčoková

Konzultant: Ing. Renáta Němčoková

Rozsah práce:

Počet strán: 70

Počet obrázkov: 28

Počet tabuliek: 37

Počet grafov: 21

Rozsah príloh:

Počet príloh: 7

Počet strán: 40

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilná

Katedra odevníctva

Akademický rok: 2007/2008

ZADANIE DIPLOMOVEJ PRÁCE

(PROJEKTU, UMELECKÉHO DIELA, UMELECKÉHO VÝKONU)

pre:	Bc. Eleny PITÁKOVÚ
Študijný program:	N3106 Textilné inžinierstvo
Študijný obor:	Textilná a odevná technológia

Vedúci katedry Vám vo zmysle zákona č. 111/1998 Zb. o vysokých školách určuje túto diplomovú prácu:

Názov témy: Inovace postupu tvorby vodivých drah.

Zásady pre vypracovanie:

1. Preved'te rešerši na tému využítí vodivých dráh aplikovaných na odevných alebo technických výrobkoch.
2. Stanovte možné spôsoby aplikácie vodivej nite, priadze na šitý materiál pomocou šijacej techniky a realizujte.
3. Navrhňte špeciálnu pätku pre privedenie vodivej šijacej nite do miesta tvorby stehu.
4. Overte a vyhodno'te vodivé vlastnosti vodivých ciest u vytvorených vzorkou po testovanie cyklom praní a sušení podľa normy ČSN EN 26330.
5. Preved'te porovnanie daných vzorkou.

Prehlásenie

Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, že som v práci neporušila autorské práva (v zmysle zákona č. 121/2000 Zb. O práve autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

Súhlasím s umiestnením diplomovej práce v Univerzitetnej knižnici TUL.

Bola som oboznámená s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Zb. o autorskom práve, hlavne § 60 – (školské dielo).

Beriem na vedomie, že Technická univerzita v Liberci (TUL) má právo na uzavretie licenčnej zmluvy o použití mojej diplomovej práce a prehlasujem, že súhlasím s prípadným použitím mojej diplomovej práce (predaj, požičanie apod.).

Ak použijem diplomovú prácu alebo poskytnem licenciu k jej využitiu, som si vedomá povinnosti informovať o tejto skutočnosti TUL; v tomto prípade má TUL právo od mňa požadovať úhradu nákladov, ktoré vynaložila na vytvorenie diela, až do jej skutočnej výšky.

„Miestoprísažne prehlasujem, že som diplomovú prácu na zadané téma vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry a na základe konzultácií s vedúcim diplomovej práce a konzultantom“.

V Liberci dňa: 12.5.2008

.....

Podpis

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcej mojej diplomovej práce Ing. Renáte Němčokovej za odborné vedenie, návrhy a podnetné pripomienky k práci. Za cenné rady a poskytnutú spoluprácu ďakujem aj Ivanovi Jechovi, Ive Beníškovej, Ing. Rudolfovi Třešňákovi, ktorí mi pomáhali pri mojej práci.

Rada by som poďakovala aj tým, ktorí priamo, nepriamo či dokonca nevedomky napomohli vzniku tejto práce.

Zároveň ďakujem mojej rodine za psychickú podporu počas doby štúdia.

Anotace

Tato diplomová práce je zaměřená na různé postupy tvorby vodivých drah aplikovaných na oděvní materiál. Vodivé dráhy mají použití pro elektrotextilie, které jsou novou generací ohybných, pohodlných a multifunkčních textilních struktur.

Experimentální část je zaměřená na navržení přídavného zařízení pro tvorbu elektricky vodivých drah pomocí strojového šití.

Součástí práce je ověření, jak elektrické vlastnosti vodivých drah odolávají údržbě praním a sušením.

Klíčové slova:

- Elektrický odpor
- Elektricky vodivá dráha
- Elektronická textilie
- Vodivá nit
- Integrace
- Přídavné zařízení
- Šití

Anotation

This thesis is directed on various progress production of a conductive tracks applied on the material for making clothes. The conductive tracks are used for electronic textiles, which are the new generation of the flexible, comfortable and multifunctional textile structures.

The experimental section is directed on a proposition special device for production of the electrically conductive tracks by means of a machine sewing.

One part of this work is checking of the way, how the electrical characteristics conductive track bear up washing and drying.

Keywords:

- Electrical resistance
- Electrical conductive track
- Electronic textile
- Conductive yarn
- Integration
- Special device
- Sewing

OBSAH

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV	10
ÚVOD	12
TEORETICKÁ ČASŤ	14
1 INTELIGENTNÉ TEXTÍLIE	14
1.1 MATERIÁLY A VLÁKNA PRE KONŠTRUKCIU INTELIGENTNÝCH TEXTÍLIÍ	16
1.2 INTELIGENTNÉ ODEVY	18
1.2.1 <i>Odev ako informačný systém</i>	19
1.3 ELEKTRONICKÉ TEXTÍLIE	23
1.3.1 <i>Textilné čidla a snímače</i>	23
1.3.2 <i>Vodivé materiály</i>	27
2 TVORBA VODIVÝCH DRÁH POMOCOU ŠIJACEJ TECHNIKY	29
2.1 ŠIJACIA SCHOPNOSŤ NITÍ	29
2.1.1 <i>Vodivé šijacie nite</i>	29
2.2 SPOJOVACÍ PROCES	30
2.2.1 <i>Princíp strojového šitia</i>	30
3 ETAPY EXPERIMENTU	33
3.1 VÝBER A PRÍPRAVA PRÍDAVNÉHO MATERIÁLU – VODIVEJ PRIADZE A NOSNEJ TEXTÍLIE	34
3.2 PRÍPRAVA PRÍDAVNÝCH ZARIADENÍ PRE TVORBU ELEKTRICKY VODIVÝCH DRÁH	37
3.2.1 <i>Návrh špeciálnej strojovej pätky pre privedenie vodivej nite do miesta tvorby stehu</i>	38
3.3 NÁVRH A TVORBA ELEKTRICKY VODIVÝCH DRÁH	41
3.3.1 <i>Analýza postupu tvorby vodivých dráh</i>	44
3.4 ZHOTOVENIE ELEKTRICKY VODIVÝCH DRÁH	46
3.5 MERANIE VODIVÝCH VLASTNOSTÍ NA VYTVORENÝCH ELEKTRICKY VODIVÝCH DRÁHACH	50
3.5.1 <i>Výsledky merania vodivých vlastností pred údržbou vodivých dráh</i>	53
3.6 ÚDRŽBA ELEKTRICKY VODIVÝCH DRÁH PRACÍM CYKLOM A SUŠENÍM	55
3.7 MERANIE A POROVNANIE ZMIEN ELEKTRICKÝCH VLASTNOSTÍ PO JEDNOTLIVÝCH PRACÍCH CYKLOCH	57
3.7.1 <i>Zmeny vodivých vlastností po prácich cykloch</i>	58
ZÁVER	69
POUŽITÁ LITERATÚRA	71

Zoznam použitých skratiek a symbolov

[A]	ampér
atď.	a tak ďalej
cca	cirka
CO	bavlna
°C	celsiova stupnica
cm	centimeter
dm	decimeter
D_o	dostava osnovy
D_ú	dostava útku
g	gram
G	elektrická vodivosť
hod.	hodina
H_s	hustota stĺpcov
H_r	hustota riadkov
I	elektrický prúd
kap.	kapitola
kg	kilogram
l	liter
m	meter
mm	milimeter
m²	meter štvorcový
max.	maximálne
min.	minúta
napr.	napríklad
obr.	Obrázok
[Ω]	ohm
ot.	otáčky motoru
PA	polyamid
PL	polyester
R	elektrický odpor

resp.	respektívne
[S]	siemens
T	teplota
tab.	tabuľka
tex	texy
t.j.	to jest
tzv.	takzvaný
U	elektrické napätie
[V]	volt
vid'.	Uvedený
[W]	Watt
\bar{x}	aritmetický priemer
%	percento
ρ_{σ}	plošná merná hmotnosť
φ	relatívna vlhkosť vzduchu

ÚVOD

V priebehu posledných desaťročí sa textilný priemysel sústredil na vysokú kvalitu a na zmenu celkovej stratégie v prospech inovácií a vytvorenie nových textilných produktov s novými funkciami. Spomínaná zmena situácie vo výrobe textílií umožnila vznik textílií dvoch nových oborov, a to technických textílií, inteligentných a interaktívnych textílií. Integrácia elektroaktívnych materiálov môže umožniť rozvoj nových nástrojov v niekoľkých oblastiach použitia. Oblasťou mimo vojenského využitia, kde sa s inteligentnými textíliami začíname stretávať je i oblasť športu a medicíny. Uplatnenie nájdeme v kozmonautike, doprave a v ďalších oboroch. Inteligentné textílie začínajú pomaly prenikať aj do bežného života.

Na rozdiel od klasických materiálov pre tvorbu elektroniky ako sú kovy, textilné elektronické štruktúry sú charakterizované relatívne ľahkou tvarovateľnosťou, jednoduchými spôsobmi spojovania a oddeľovania a v neposlednej rade nízkou hmotnosťou. Tvorba elektronických textilných štruktúr vyžaduje poddajné, praniu odolné a kompatibilné materiály s ľudskou pokožkou a v neposlednej rade materiály, ktoré sú estetické a módne.

Zvyšuje sa záujem o nové materiály, nové technológie a netradičné spôsoby výroby. Základom všetkých aplikácií, ktoré tvoria elektronické textílie je textilná technika (od pradenia až po priestorové tkanie) pre prípravu textilných štruktúr. Textilné štruktúry je možno s výhodou použiť i pre tzv. odevnú elektroniku, kde je odev aktívnou súčasťou. Najbežnejším postupom ako zabudovať elektronický systém priamo do odevu je vtkanie alebo vpletenie vodivých nití do textilných štruktúr. Často sa hovorí o nových druhoch textílie, ktoré sú pretkané sieťou vzájomne prepojených mikroelektronických prvkov. Svoje uplatnenie si taktiež nájde tzv. elektronická výšivka. Naskytuje sa možnosť použitia vodivých pást k tvorbe tlače na textilné substráty.

Miniaturizovanie mikroelektronických modulov umožňuje ich začlenenie a prepojenie do rôznych miest odevu. Odev je výborným nositeľom zmieňovaných funkčných modulov, tým že ponúka dostatočne veľkú plochu pre ich umiestnenie. Výhodou zakomponovania mikroelektronických modulov do odevu je, že užívateľ má k nim ľahký prístup.

Rozvíjajúce sa technológie výroby elektroniky a textílií nám prinášajú viac možností spojenia týchto technológií pri tvorbe „inteligentných odevov“. Vývoj „inteligentného oblečenia“ pokročil v posledných rokoch z nositeľných počítačov do inteligentných

materiálov a oblečenia schopné vyrábať elektrinu, meniť tvar a dokonca i farbu. Očakávaný nástup „elektronické“, čiže „e-módy“ bude mať viac podôb.

Táto diplomová práca je zameraná na postupy tvorby elektricky vodivých dráh na odevný materiál technológiou šitia. Ďalej je zameraná na navrhnutie prídavného zariadenia, ktoré privádza vodivú niť priamo do miesta tvorby stehu. Vodivé vlastnosti vytvorených vodivých dráh sú overené po pracovnom cykle a sušení, ktoré simuluje domáce pranie. Získané výsledky sú vyhodnotené v záverečnej časti práce.

TEORETICKÁ ČASŤ

1 INTELIGENTNÉ TEXTÍLIE

Inteligentnými textíliami rozumieme novú generáciu vlákien, a z nich vyrobených produktov. Textílie, ktoré sú schopné reagovať na vonkajšie podmienky, tým, že sú do nich napr. vložené elektronické zariadenia alebo inteligentné materiály. Reagujú na vonkajšie podmienky a podnety mechanického, tepelného, chemického, elektrického a magnetického žiarivého pôsobenia.

Mnoho inteligentných textílií sa vyskytujú v pokročilých typoch odevov využívaných na ochranu a bezpečnosť, prípadne módu a komfort.

Inteligentné textílie poskytujú rozsiahle možnosti využitia, ktoré je možné uskutočniť v textilnom priemysle, a to ako v obore módy a odievania, tak i v obore technických textílií. Tento rozvoj je výsledkom aktívnej spolupráce medzi rôznymi obormi a disciplínami ako sú, inžinierske obory, prírodoveda, konštrukcie, výskum a vývoj, obchod a marketing [3].

Podľa funkčných činností inteligentné textílie delíme do troch skupín:

1. Pasívne inteligentné textílie
2. Aktívne inteligentné textílie
3. Super (ultra) inteligentné textílie

1. Pasívne inteligentné textílie:

Patria medzi prvú generáciu inteligentných textílií tvoriacu textílie, ktoré sú detektormi (senzormi) vonkajších podmienok a podnetov. Sú citlivé iba na vonkajšie podnety. Fungujú ako čidla a indikátory stavu okolia [3].

2. Aktívne inteligentné textílie:

Patria medzi druhú generáciu inteligentných textílií, ktoré majú jak senzory, tak i aktuátory. Sú schopné nielen identifikovať zmenu vonkajšieho podnetu, ale taktiež sú schopné na túto zmenu reagovať. Aktuátory reagujú na zistený podnet (signál) buď priamo alebo prostredníctvom centrálnej riadiacej jednotky.

Aktívne inteligentné textílie majú napr. tvarovú pamäť, menia farbu (chameleónsky jav), sú odolné proti vode, prepúšťajú páru (hydrofilné, neporézne), zásobníky tepla, sú superinteligentné termoregulovateľné, pohlcujú páru, vydávajú teplo a tvoria i elektricky vyhrievané obleky. Tieto inteligentné obleky sú schopné získavať informácie o dávkach žiarenia atď. [3].

3. Super (ultra) inteligentné textílie:

Inteligentné textílie tretej generácie, ktoré sú schopné zachytiť podnety, reagovať na ne a prispôbiť svoju funkciu na vonkajšie podmienky a podnety.

Silne inteligentné alebo super inteligentné textílie majú v sebe jednotku, ktorá pracuje podobne ako mozog, alebo ako centrálny počítač s poznávacou schopnosťou, s hodnotiacou schopnosťou, a so schopnosťou vytvárania podnetov odozvy a činnosti aktuátorov [3].

V mnohých prípadoch sa inteligentné textílie používajú ako odevné textílie zaisťujúce:

- *špičkový komfort* (chrániace proti teplotným výkyvom, upravujúce podmienky ventilácie vzduchu a vodnej páry),
- *ľahšiu komunikáciu*,
- *použitie bežných elektronických prístrojov* (mobilné telefóny, indikátory polohy a stavu človeka, počítače) [4].

Ich využitie je tiež:

- pre *vojenské účely* (ochrana voči extrémnym klimatickým podmienkam, sťaženie identifikácie (kamufľáž) a indikácie, ochrana voči bojovým plynom, baktériám a vírusom),
- v oblasti *neodevných aplikácií* – materiály slúžiace ako bariéry voči mechanickým, elektrickým, magnetickým poliam a žiareniam rôznych dĺžok (od ultrafialového až k infračervenému),

- *inteligentné filtre a separátory* (odsoľovače morskej vody), resp. špeciálne zdroje energie (chemo-mechanické odozvy),
- v oblasti *medicíny* – okrem svojich barierových schopností slúžia ako materiály pre inteligentné dávkovanie liečiv (v závislosti na stave pacienta) a diagnostikovanie porúch funkcií ľudského organizmu [4].

1.1 Materiály a vlákna pre konštrukciu inteligentných textílií

Inteligentné materiály sú súčasťou inteligentných sústav, ktoré majú schopnosť reagovať na prejavy okolia, a navyše aktívne reagujú na podnety okolia vlastnou odpoveďou. Vytvárajú časť technologického priestoru, ktorý zahŕňa i oblasti senzorov a aktuátorov [3].

Druhy jednotlivých materiálov a špeciálnych vlákien pre tvorbu inteligentných textílií:

- **Fázové prechody v materiáloch k regulácií teploty** – použitie parafrínov v kondenzovanom (kvapalnom) alebo v pevnom stave. K zabráneniu rozdeleniu parafrínu v kvapalnom stave je uzatvorený do malých guľčiek mikrometrových rozmerov, nazývaných fázový prechod mikrotobolku. Mikrotobolkový parafrín sa vkladá do akrilových vlákien, do polyuretánových pien či do povrchových vrstiev textílií. Aktívne používanie takýchto textílií vyžaduje tepelnú rovnováhu medzi teplom vytvoreným telom pri športe a teplom uvoľňovaným do prostredia [3].
- **Materiály s tvarovou pamäťou** – prvú skupinu zahŕňujú materiály tvarovo stabilné pri dvoch alebo viacerých teplotách. Do druhej skupiny materiálov s tvarovou pamäťou patria elektroaktívne polymery, ktoré menia tvar vplyvom pôsobenia elektrického náboja. V praxi sú zliatiny s tvarovou pamäťou používané v tvare pružiny, polyuretanovej fólie. Pod aktivačnou teplotou je pružina v rovine a nad ňou z roviny vystúpi. Vložením pružiny medzi dve vrstvy textílie sa pružina nad aktivačnou teplotou vybulí, a následne sa zväčšia vzdialenosti medzi textíliami, čím sa získava ochrana proti prehriatiu [3].

- **Svetelné prejavy materiálov** – typy inteligentných materiálov, ktoré pôsobením vonkajších podmienok vedú k vratným farebným prejavom. Nazývajú sa chameleónske textílie. Podľa podnetov, ktoré vyvolávajú farebnú zmenu chameleónske materiály delíme na:

- *fotochromné* – stimulované svetlom,
- *termochromné* – vyvolané teplom,
- *elektrochromné* – vyvolané elektrickým poľom,
- *piezochromné* – stimulované tlakom,
- *solvatochromné* – vyvolané kvapalinami alebo plynmi.

Materiály meniace svoju farebnosť sa využívajú pre módne účely a k vytváraniu fantastických modelov meniacich farebnosť v závislosti na intenzite svetla [3].

- **Luminiscenčné materiály** – sú materiály, ktoré samé svetlo vydávajú vonkajším pôsobením. Typy materiálov:

- *fotoluminiscenčné materiály* – vyvolané svetlom. Sú to fluorescenčné s krátkou dobou dosvietenia a fosforescenčné materiály s dlhou dobou dosvietenia.
- *optikoluminiscenčné materiály* – ide navyše o vedenie svetla,
- *elektroluminiscenčné materiály* – vonkajším vyvolaním elektrického poľa,
- *chemiluminiscenčné materiály* – sú vyvolané chemickými reakciami,
- *mechanoluminiscenčné materiály* – vyvolané mechanickým pôsobením, trením, tlakom ... ,
- *sonoluminiscenčné materiály* – pôsobením zvukového poľa [3].

- **Vodivé materiály** – (podrobná charakteristika je obsiahnutá v kap. 1.3.2).
- **Membrány** – sú vytvárané z polymérov rôzneho pôvodu (z biopolymérov - celulóza, syntetických polymérov – polyfluorokarbonáty, polyuretány alebo ich deriváty), sú jedno alebo viacvrstvé. Aplikujú sa v oblasti športového oblečenia priedušných a nepremokavých odevov. Použitím membrán sa získa

výrobok s vysokou výmenou vodných pár a odvádzaním potu na rozhraní odevu.

- **Fotovoltaické materiály** – majú schopnosť vytvárať elektrický prúd vyvolaný svetlom. Na základe týchto javov premeny svetelnej energie v elektrickú vznikli slnečné panely. Hlavným využitím slnečných panelov v textilných oboroch je ako zdroj elektrického napätia pre elektronické textílie.

1.2 Inteligentné odevy

Nevyhnutným predpokladom pre praktickú realizáciu inteligentných odevov je miniaturizácia elektronických komponentov, ktoré umožnia jednotlivé mikroelektronické moduly priamo začleniť do obleku a navzájom ich prepojiť. Odev ponúka dostatočnú plochu nielen pre umiestnenie rôznych funkčných modulov a ich prepojenie, ale súčasne i pre začlenenie ovládacích komponentov a vstupných/výstupných zariadení tak, aby užívateľ mal k nim ľahký prístup. Do vytvorenej siete sa začleňujú senzory, centrálna dátová pamäť, solárne články atď. [1].

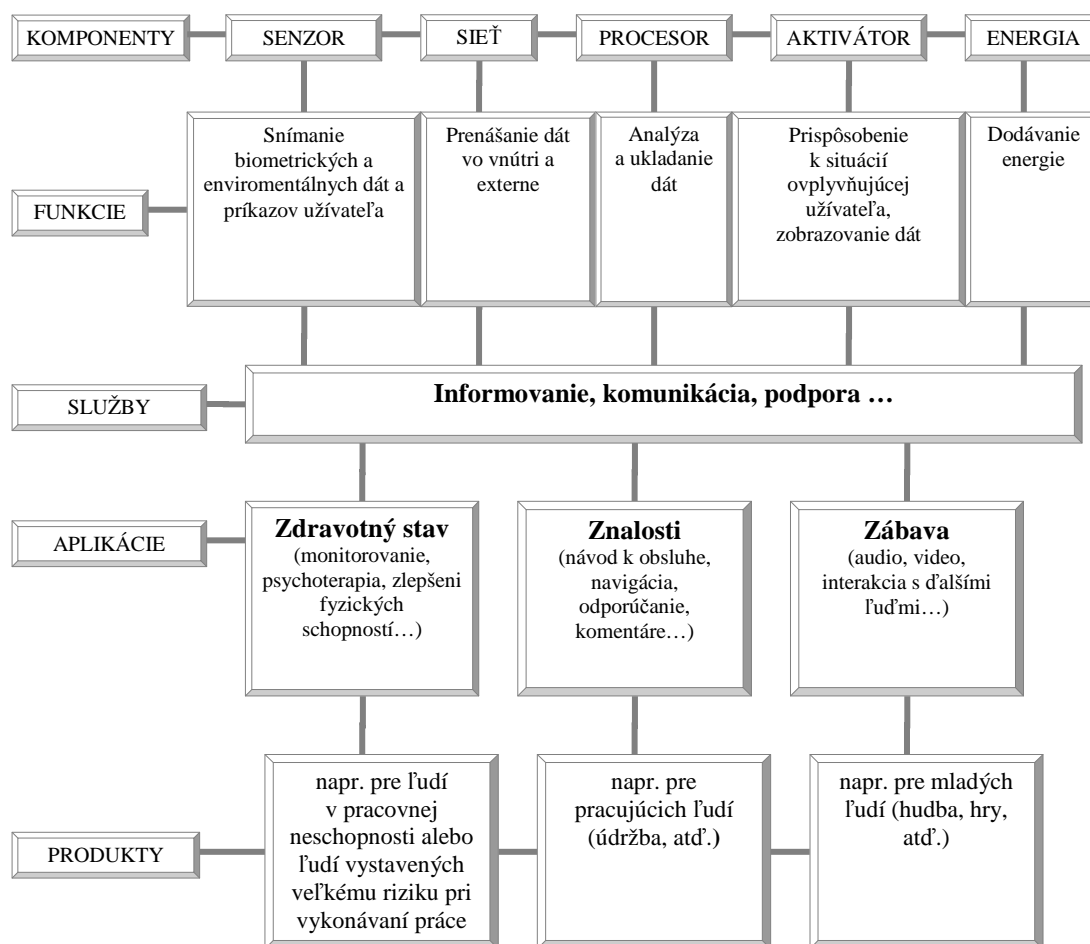
Samostatnou kapitolou sú vodivé látky, ktoré v stálej prevádzke dokážu merať krvný tlak a ďalšie telesné funkcie. Dajú sa do nich vtkáť rôzne senzory a vypínače. Namerané hodnoty môže priamo kontrolovať jeho nositeľ alebo v prípade potreby prostredníctvom siete GSM informovať lekára. Výskum inteligentných tkanín nezabúda ani na špeciálne vesty pre pohotovostných lekárov a ľahké nafukovacie ochranné odevy pre hasičov. High-tech materiály nájdu uplatnenie v doprave, v stavebníctve, pri pretváraní krajiny, v leteckom priemysle a u ďalších oboroch. Trendom je úzka symbióza odevov a moderných technických prístrojov, ako sú MP3 prehrávače, mobilné telefóny či vreckové počítače. Tenké dotykové displeje umožňujú mať na rukáve ovládanie walkmanu alebo mobilného telefónu. Spočiatku sa zdalo, že „chytré textílie“ sú skôr módnymi výstrelkami, ale čím ďalej tým viac je zrejmé, že praktických využití bude stále pribúdať [2].

1.2.1 Odev ako informačný systém

Využitie odevných textílií ako rozhranie pre predávanie informácií je prirodzené, pretože odev tvorí integrálnu časť človeka a sprevádza ho pri väčšine činností [4].

Myšlienka obliekateľných informačných systémov popisuje budúce elektronické systémy ako neoddeliteľnú časť nášho každodenného oblečenia. Obliekateľné počítače neprekážajú činnosti užívateľa, majú ľahko ovládateľné pripojenie, reagujú na určitú situáciu a poskytujú podporu, napr. zobrazovanie dôležitých informácií, monitorovanie zdravotného stavu a iné [5].

Systematizácia obliekateľných počítačových systémov [5]



Vývojový diagram zobrazuje možnosť systematizácie obliekateľných počítačov.

Prvá úroveň sa skladá zo zložiek obliekateľného systému, ktoré poskytujú niekoľko funkcií:

- *Snímacia jednotka* – zaznamenávanie biometrických a ekologických dát a príkazov užívateľa
- *Sieťová jednotka* – prenos dát vo vnútri obliekateľných počítačov a do vonkajších sietí
- *Procesná jednotka* – výpočet, analýza a ukladanie dát
- *Výkonná jednotka* – dodávanie energie
- *Ovládacia jednotka* – prispôsobenie k situácií, vytvorenie dojmu na užívateľa, zobrazovanie dát.

Tieto funkcie sú kombinované s niekoľkými druhmi služieb (poskytovanie informácií, komunikácia alebo podpora) [5].

Ďalšia úroveň zobrazuje možnosti aplikácie produktov obliekateľnej elektroniky pre cieľové skupiny [5].

Odevné doplnky ako sú náramky a náušnice môžu slúžiť pre indikáciu, príjem, prenos a uchovanie hlasových správ podobne ako inteligentný odev. Ako obrazovka počítača sa dajú využiť napr. slnečné okuliare. Nevýhodou tejto koncepcie je, že elektronické zariadenia sú tvrdé (nedeformovateľné) a spolu so spojovacími kablami znižujú pohyblivosť, resp. komfort pri nosení [4].

V súvislosti s rozšírením obliekateľnej elektroniky ako súčasti módy boli určené miesta na ľudskom tele, kde bude vhodné umiestniť elektronické zariadenia. Predstava textilných návrhárov je znázornená na nasledujúcom obrázku 1. [4].



Obr. 1: Miesta pre umiestnenie elektronických zariadení [4].

Prednosťou obliekateľnej elektroniky je to, že je vždy k dispozícii užívateľovi. Navyše je možné vytvoriť intuitívne bezdotykové rozhranie (pre rozpoznávanie reči a gest).

Pre zlepšenie vizuálnej komunikácie a zmyslového vnímania bol navrhnutý priehľadný display pripevnený k hlave umožňujúci infračervené a paralelné rozhranie s realitou. Tým nositeľ získava informácie, ktoré mu výrazne rozširujú možnosti vnímania [4].

Na rozdiel od klasickej elektroniky je odevná elektronika tvorená textilnými štruktúrami, ktoré sú ohybné, mäkké a tenké. Nevýhodou je zatiaľ horšia odolnosť voči cyklickým deformáciám [4].

Použitie odevnej elektroniky sa očakáva pre:

- záchranárov,
- pracovníkov údržby a služieb,
- bezpečnostnej služby,
- turistov (inteligentný sprievodca).

SmartShirt systém predstavuje univerzálny odev, ktorý je vhodné použiť ako prvú odevnú vrstvu, čím odev prilieha k telu. Odev predstavuje inteligentné tričko, ktoré je navrhnuté pre snímanie fyziologických signálov a pohybov z ľudského tela (obr. 2) [6].



Obr. 2: Inteligentný odev pre snímanie a fyziologických signálov a pohybov z ľudského tela [6].

Systém sníma analógové signály pomocou vodivých vláknových senzorov, ktoré prechádzajú cez vodivú vláknovú mriežku, ktorá tvorí štruktúru pleteniny trička. Textilnými

konektormi sa pripoja analógové signály k malému osobnému mikropočítaču, ktorý je umiestnený v prednej časti odevu (väčšinou umiestnený vo vrecku). Osobný mikropočítač prevedie sústavu analógových signálov do digitálnej formy, a preniesie ich pomocou systému Bluetooth alebo Zigbee (bezdrôtová komunikácia) do stanice pre spracovanie údajov väčšinou PDA (Personal Digital Assistant), kde sa dané údaje uložia alebo sa dajú zobrazit'[6].

Prečo je oblečenie ideálne miesto pre inteligentné systémy?

Oblečenie je dôležitá a špeciálna časť v našom životnom prostredí. Odev s črtami inteligencie zlepšuje naše schopnosti bez vynaloženia nejakého úsilia, alebo vedomého premýšľania. Vzhľadom k tomu, že uzatvára telo, umožňuje vzájomné pôsobenie človeka a stroja. Táto interakcia je nevyhnutná pre informačnú inteligenciu [5].

Dôležitým krokom k reálnej obliekateľnosti systémov do odevu [5].

Existujú dve metódy integrácie:

- zmenšovanie rozmerov elektronických súčiastok a ich pripojenie k textíliám
- rozvoj textílií s elektronickými funkciami (elektronické textílie).

Jedná zo základných výhod odevnej elektroniky a počítačov je rozloženie jednotlivých zložiek na tele a odeve tak, že nebrania jeho funkciám. Odev je vždy v bezprostrednej blízkosti rúk, takže zariadenie je možné ľahko ovládať. Vplyvom pohybu človeka sa textília deformuje, čím je možné využitie obliekateľnej elektroniky pre monitorovanie akcií nositeľa. V neposlednej rade je odev viditeľný pre ostatných, takže môže podávať informácie o nositeľovi (vrátane jeho mentálneho stavu) ľuďom v jeho blízkosti [4].

1.3 Elektronické textílie

Elektronické textílie sú materiály vlastniace nielen elektronickú funkčnosť, ale aj textilné charakteristiky [5].

Za účelom ich popísu je nevyhnutné definovať termín „*textília*“. Materiály pokladané za textílie sa skladajú zo štruktúr, ktoré sú vyrábané na textilných strojoch. Textílie sú obvyčajne vyrábané z jemných a prispôsobivých vlákien a nití, a môžu obsahovať membrány a fólie. Medzi hotové textilné produkty sa zahŕňajú lana, stuhy, tkaniny a tiež trojrozmerné produkty ako odev [5].

„Elektronický“ znamená, že systém je schopný vymieňať a spracovávať informácie. Vyskytujú sa však problémy vo vývoji elektronických textílií pre odev. Elektrické funkcie by mali byť integrované do textílií takými spôsobmi, ktoré udržia textíliu poddajnú a pohodlnú [5].

V aplikáciách elektronických textílií sa využíva toho, že textilné štruktúry sú:

- ľahko upravovateľné spojovaním (šitím) a rozoberaním (páraním),
- ľahko udržiavateľné (praním),
- málo hmotné,
- dostatočne pevné, ťažné a pružné,
- jednoducho formovateľné podľa potrieb použitia bez zmeny technológie výroby [4].

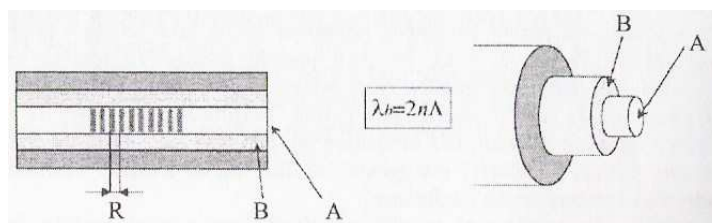
1.3.1 Textilné čidla a snímače

Do tejto skupiny patria textilné štruktúry, ktoré sú schopné indikovať zmenu stavu, resp. podmienok okolia. Môžu byť využité v odevných textíliách, v technických textíliách a kompozitoch alebo špeciálnych zariadeniach pre monitorovanie a indikáciu rôznych veličín [4].

Vláknové čidla

Hlavným predstaviteľom vláknových čidiel sú *optické vlákna*, ktoré môžu indikovať radu zmien externých polí. Vyrábajú sa buď na základe kremíku alebo špeciálnych polymérov. Majú širokú oblasť použitia od prenosu optického signálu, cez prenos informácie o zmenách teplotných, mechanických, magnetických a ďalších polí, resp. informácie o prítomnosti chemických látok. Pokiaľ je optické vlákno vystavené žiareniu o špecifickej vlnovej dĺžke je svetelná citlivosť optických vlákien ovplyvnená zmenami indexu lomu ich povrchu [4].

Braggove ryhy na optických vláknach dokážu indikovať lokalizované zmeny (obr. 3). Optické vlákna s Braggovými ryhami sa dajú ľahko umiestniť do textilných štruktúr ako sú priadze, tkaniny, lana atď [4].



Obr. 3: Schématické znázornenie optického vlákna s Braggovými ryhami. (A) vnútorná vrstva, (B) medzivrstva, (R) Braggove ryhy [4].

Je celá rada čidiel na báze optických vlákien pre detekciu biologických látok. Tieto senzory je možné umiestniť do tkaných štruktúr. Po detekcii nervových plynov, chemických, biologických bojových látok a toxických látok, elektromagnetického žiarenia umožnia tieto čidla spustenie poplachu informujúceho o nebezpečí. Využitie týchto senzorov je predovšetkým pre špeciálne vojenské uniformy a ochranné odevy [4].

Pre indikáciu zmeny teploty je taktiež možné použiť čidla využívajúce:

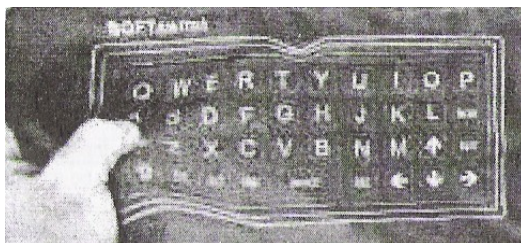
- vodivé vlákna,
- piezoelektrické vlákna,
- vlákna s tvarovou pamäťou,
- vlákna obsahujúce kvapalné kryštály,
- chameleónne vlákna [4].

Ako pH citlivé snímače je možné použiť gélové vlákna s citlivými gély na vonkajšie podnety (SSM) [4].

Textilné snímače

Pre realizáciu snímačov polohy (súradníc) alebo rôznych prepínačov na baze textilných štruktúr sa používajú nielen optické vlákna, ale taktiež vodivé vlákna. Obyčajne sa vyhodnocuje poloha v miestach, kde je textília stlačená. Hustá sieť týchto vlákien je obklopená deformovateľnou polymérnou penou. Tieto textílie sa využívajú pre rôzne typy klávesníc a tlakových hlásičov. Tieto častice niesu v nedeformovanom stave v kontakte, takže je materiál nevodivý. Pri deformácii (stlačení, krútení, preťahovaní) sa postupne častice približujú až spojujú, čo má za následok spojitý pokles odporu až k vodivej štruktúre [4].

Textilné snímače polohy a tlaku sa používajú ako tkané displeje, prepínače a informačné podložky (dotykové podložky u počítačov) (obr. 4) [4].



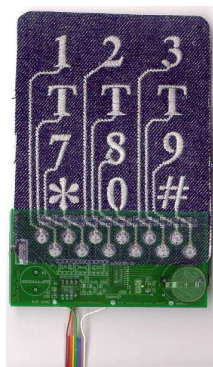
Obr. 4: Príklad tkanej klávesnice SOFTSWITCH [4].

Textilné snímače sú taktiež vhodné pre rôzne typy hier (virtuálna realita) alebo ako náhrada klávesníc u hudobných nástrojov (obr. 5) [4].



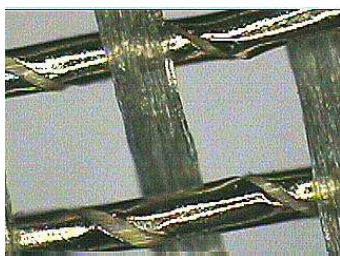
Obr. 5: Tkaná klávesnica hudobného nástroja SOFTSWITCH [4].

Textilná klávesnica vyvinutá v MIT je vyšívaná z kevlaru a ocelových drôtikov. Využíva čidla kapacity elektrického náboja pre rozlíšenie miesta dotyku. Každé vyšité číslo je možné zaregistrovať stlačením (obr. 6) [4].



Obr. 6: Vyšívaná klávesnica MIT [4].

Pre textilné klávesnice sa taktiež využíva dvoch vrstiev vysoko vodivých pokovaných textilných sietí tvorených plátnovou väzbou s veľmi nízkou dostavou oddelené nevodivou polyamidovou sieťkou. Jedná vrstva má vodivé vlákna v osnove a druhá v útku (obr. 7) [4]. Takto vyrobenú klávesnicu je možné ohýbať, zrolovať, krčiť a prať bez poruchy funkcií.



a)



b)

Obr. 7: a) Vodivá textilná sieť [4], b) kapacitná a ohybná textilná klávesnica [3].

Okrem aplikácií v elektronike sa dá tento princíp použiť u svetielkujúcich odevov, kde v závislosti na pohybe nositeľa dochádza k spínaniu vodivých miest, ktoré sú napojene na svetlom emitujúce diódy (LED) [4].

Piezoresistívne textílie sa vyrábajú z elastomeru Lycra potiahnuté vrstvou polypyrrolu. V závislosti na deformácií dochádza k výraznej zmene elektrického odporu, ktorý je možné

ľahko elektronicky indikovať a vyhodnotiť. Okrem piezoresistivity vykazujú tieto materiály termoresistivitu, čo umožňuje vnímať motorické funkcie a súčasne teplotné pole (napr. u športovcov a pacientov) [4].

Pre výrobu dotykových podložiek umožňujúce snímať miesto stlačenia s vysokým rozlíšením sa používajú tkaniny obsahujúce v osnove i v útku sieť vodivých vlákien spolu s klasickými vláknami [4].

1.3.2 Vodivé materiály

Existujú dve stratégie k vytváraniu elektricky i tepelne vodivých výrobkov a dva typy materiálov, a to kovy a polyméry.

Prvá stratégia využíva:

- *povrchové úpravy s tekutými farbivami a vysokým obsahom kovov*, ktoré zaisťujú požadovaný komfort pre obleky. S prídavkom niklu, medi, striebra a uhlíka do povrchových vrstiev textílií rôznych hrúbok, zaisťuje povrchová úprava textílií ich vhodné fyzikálne a elektrické vlastnosti, ktoré sú potrebné pre žiadané aplikácie [3].

Druhá stratégia využíva:

- *vodivých vlákien a priadzí*. Vodivé priadze sú vytvárané pridaním kovových vlákien (striebro, zlato, meď a ďalších) alebo vodivých polymérov ako sú polythiofeny, polyaniliny, aktivované polyetyleny a ich deriváty [3].

Vodivé materiály sú obvykle ľahké, trvanlivé, ohybné a cenovo dostupné, môžu byť zvlhnené, ľahko sa dajú spojovať a dá sa s nimi bez problémov zachádzať ako s textíliami.



Obr. 8: Príklady vodivých priadzí a kvapalných farbív používaných v textíliách.

Vodivé materiály sa používajú hlavne na elektromagnetické tienenie a vedenie prúdu. Elektrické vodivé materiály sú tepelne vodivé a využívajú viac kovov pred polymérmi. Používajú sa na športové obleky s prístrojovou technikou a vyžadujú minimum tepelnej izolácie, a taktiež dosiahli úspech v oblasti vojenských odevov a v medicíne [3].

2 Tvorba vodivých dráh pomocou šijacej techniky

2.1 Šijacia schopnosť nití

Šijacia schopnosť nití je daná súborom ich vlastností, ktoré spôsobujú, že sa nite javia ako schopné resp. neschopné šiť [11].

Šijacia niť je charakterizovaná ako súvislý pozdĺžny útvar určený pre konvenčné spojovanie odevných dielov v konfekčnej výrobe. V priebehu šijacieho procesu je šijacia niť vystavená rôznym druhom namáhania, ktoré sa navzájom kombinujú a ich účinky sa tým násobia. Za účelom zlepšenia spracovateľnosti a úžitkových vlastností sú šijacie nite podrobené zvláštnym úpravám ako napr. avivážovanie, opalovanie, leštenie atď.

Namáhanie šijacích nití v priebehu spojovacieho procesu:

- **mechanické** – namáhanie na ohyb, oder, ťah
- **termické** – vzniká:
 - trením nite v ušku ihly,
 - trením medzi niťou a chapačom,
 - trením medzi pracovnými časťami stroja (vodiče a napínače)
- **rázové namáhanie** – vzniká pri zmene rýchlosti a smeru šitia

Namáhanie šijacích nití v priebehu nosenia a údržby odevu:

- **mechanicky**
 - **termicky**
- } šijacia niť je namáhaná vo šve odevného výrobku

2.1.1 Vodivé šijacie nite

Niť z nehrdzavejúcej ocele poskytuje určité výhody. Nieje náchylná k poškodeniu pri praní alebo potení. Tieto nite sa odlišujú v zložení, a to zo 100% nekonečných vodivých

oceľových vlákien, alebo zmesí polyesteru a krátkych oceľových vlákien. Rôzny pomer dvoch druhov vlákien vedie k rozdielnym elektrickým odporom. Vodivosť týchto nití je tiež obmedzená vodivosťou samotných nehrdzavejúcich oceľových vlákien [5].

Samotné vlákna sú k dispozícii v priemeroch od 100 μm do 12 μm . 100% kovové nite sa používajú pri pletení, tkaní a splietacom procese. Jednotlivé príklady vodivých nití sú obsiahnuté v prílohe 1 [5].

2.2 Spojovací proces

Spojovaciemu procesu v priemyselnej odevnej výrobe bola vždy venovaná prvoradá pozornosť pretože:

- tvorí os výrobného procesu,
- umožňuje vytváranie najväčšej aglomerácie pracovníkov,
- je najzložitejšou fázou výrobného procesu,
- je časovo najnáročnejší [7].

Okrem toho dáva najväčšie predpoklady pre mechanizáciu a svojím charakterom podstatne ovplyvňuje spôsob spracovania odevných materiálov. Spojovací proces zahŕňa najviac pracovných prostriedkov, ktoré svojou povahou vymedzujú plynulosť výrobného toku [7].

2.2.1 Princíp strojového šitia

V odevnej výrobe prevládajú tradičné spôsoby spojovania a to šitie [7].

Šitím sa spojuje plošný útvar – *šitý materiál* pomocou jednej alebo viac sústav nití – *šiciego materiálu*. Pre šitie je charakteristické, že poskytuje tzv. rozoberateľný spoj [8].

Podstatou strojového šitia je vytvorenie slučky na rubovej strane diela. Slučka je vo vhodnom okamžiku zachytená hrotom chapača alebo slučkovača a použitá pre vytvorenie stehu [10].

Charakteristickým znakom strojového šitia je, že pri vpichu ihla zanáša na rubovú stranu diela slučku, ktorú tam po vytiahnutí zanechá. Na rubovej strane je pri strojovom šití

slučka, na lícnej strane oba konce nite. Ihla sa prepichnetým otvorom nepretiahne, pretože sa ním vracia späť pri vytiahnutí [10].

Pre správne zachytenie slučky hrotom chapača alebo slučkovača je najvhodnejšie, aby plocha slučky nite bola čo najväčšia, a pokiaľ možno rovinná. Nit nemá mať vnútorné napätie, a nesmie sa prekrižovať [10].

ŠIJACIE STROJE

Šijacie stroje už od svojho vzniku až po najpokročilejšie konštrukcie uchovávajú pôvodnú myšlienku, a to spojenie dvoch alebo viac vrstiev materiálu šitím. Šijací stroj umožňuje previazanie spojovacieho (šiciego) materiálu spojovaným (šitým) materiálom vytvoriť určitý steh a jeho opakovaním šev alebo šitie. Konštrukcia akéhokoľvek šijacieho stroja je podmienená účelom použitia stroja a druhom materiálu, ktorý sa má na ňom spracovávať [7].

Šijacie stroje rozdeľujeme z troch hľadísk:

1. *všeobecného,*
2. *technického,*
3. *podľa použitia* [9].

1. Všeobecné rozdelenie:

- Podľa účelu použitia,
- Podľa charakteru práce,
- Podľa vykonávanej operácie,
- Podľa použitia v odvetví;

2. Technické rozdelenie:

- Podľa konštrukčného usporiadania,
- Podľa druhu stehu na šijacie stroje,
- Podľa použitých základných funkčných zariadení;

3. Rozdelenie šijacích strojov podľa využitia:

- Podľa počtu otáčok hlavného hriadeľa,
- Podľa stupňa automatizácie [9].

PRÍDAVNÉ ZARIADENIA

Prídavné zariadenia šijacích strojov na výrobu odevov aj bielizne uľahčujú prácu a zvyšujú akosť šitia. Slúžia pre odstránenie zbytočných pohybov pri obsluhu šijacieho stroja, zjednodušenie jednotlivých šijacích operácií, prípadne zlúčenie niekoľkých operácií do jednej operácie [9].

Rozdeľujú sa do dvoch základných skupín:

1. *základné prídavné zariadenia,*
2. *pomocné prídavné zariadenia* [9].

1. Základné prídavné zariadenia

Základné prídavné zariadenia bezprostredne súvisia s niektorým pracovným zariadením šijacieho stroja. Väčšinou ovplyvňujú konštrukčné vyhotovenie [9].

S prihliadnutím na účel, ktorému slúžia, sa delia na:

- ovládacie,
- funkčné,
- spojovacie,
- kontrolné [9].

2. Pomocné prídavné zariadenia

Pomocné prídavné zariadenia nazývame prídavnými aparátmi. Ich funkcia nezávisí od pohybu alebo funkcie mechanizmu šijacieho stroja. Vybavením šijacích strojov prídavnými aparátmi sa podstatne zjednodušuje vykonávanie operácie alebo v mnohých prípadoch môžeme aj niekoľko operácií zlúčiť. Tým dochádza k podstatnému zníženiu výrobných časov a k rastu produktivity práce [9].

Vybavením šijacích strojov prídavnými aparátmi vznikajú jednoúčelové stroje na určitú operáciu [9].

K pomocným prídavným zariadeniam patria:

- vodiče šitého materiálu,
- prítlačné špeciálne pätky na vytváranie skladov materiálu,
- zariadenie na vytváranie skladov šitého materiálu a našívanie prvkov,
- zariadenie na spájanie niekoľkých úkonov a operácií,
- ostatné prídavné aparáty [9].

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Experiment riešil možnosti aplikácie vodivej nite na textilný materiál a to pomocou šijacej techniky. Táto práca pokračuje v riešení výskumu z minulých rokov. Vodivé nite sa v predchádzajúcich výskumoch testovali formou aplikácie pomocou výšivky. Výsledky boli negatívne pre zlú tvorbu stehu z dôvodu rozdielnych mechanických vlastností vodivých priadzí oproti štandardným šijacím nitiam.

Súčasný experiment bol zameraný na možnosti aplikácie vodivej nite pomocou prídavných zariadení a špeciálnej strojovej pätky. Vodivá niť pri týchto aplikáciách nebola použitá ako šijacia niť, ale ako prídavný materiál pri tvorbe stehu alebo švu.

3 Etapy experimentu

A: TVORBA ELEKTRICKY VODIVÝCH DRÁH TECHNIKOU STROJOVÉHO ŠITIA

1. Výber a príprava prídavného materiálu – **vodivej priadze a nosnej textílie**.
2. Príprava prídavných zariadení pre tvorbu elektricky vodivých dráh.

Návrh špeciálnej strojovej pätky pre privedenie vodivej priadze do miesta tvorby stehu.

3. Návrh a tvorba elektricky vodivých dráh.
4. Zhotovenie elektricky vodivých dráh.

B: ANALÝZA CHOVANIA VYTVORENÝCH ELEKTRICKY VODIVÝCH DRÁH PO OPAKOVANEJ ÚDRŽBE PRACÍM CYKLOM A SUŠENÍM

5. Meranie vodivých vlastností na vytvorených elektricky vodivých dráhach.
6. Údržba elektricky vodivých dráh pracím cyklom a sušením.
7. Meranie a porovnanie zmien elektrického odporu po jednotlivých prácich cykloch.

A: Tvorba elektricky vodivých dráh technikou strojového šitia

3.1 Výber a príprava prídavného materiálu – vodivej priadze a nosnej textílie

Pre tvorbu vodivej dráhy je potrebné splňať určité požiadavky, ktoré súvisia so správnou voľbou použitia vodivej nite. Pri tvorbe vodivej dráhy vodivá niť má funkciu prídavného vodivého materiálu, čiže vodivá niť nie je použitá ako šijacia niť. Podľa spomínanej funkcie nie sú na vodivú niť kladené vysoké šijacie schopnosti.

Pre tvorbu vodivých dráh boli zakúpené 3 typy vodivých priadzí firmy *Bekaert*, ktoré boli používané v predchádzajúcej diplomovej práci, a to:

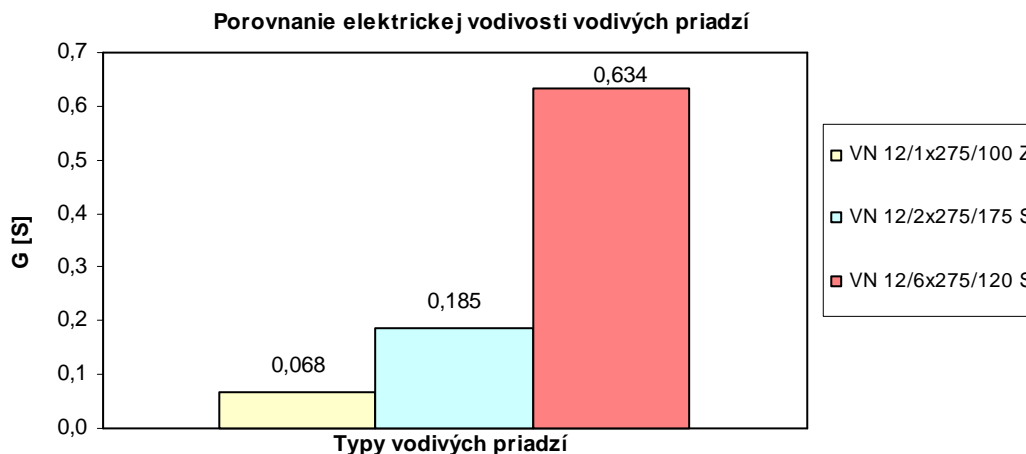
- VN 12/1x275/100 Z (100% oceľové vlákna)
- VN 12/2x275/175 S (100% oceľové vlákna)
- VN 12/6x275/120 S (100% oceľové vlákna)

Na jednotlivých typoch uvádzaných vodivých nití bol zmeraný elektrický odpor R [Ω] a následne bola z elektrického odporu vypočítaná elektrická vodivosť G [S] (tab. 1).

Tab. 1: Hodnoty elektrického odporu a vodivosti jednotlivých typov vodivých nití.

Počet meraní	Vodivé nite					
	VN 12/1x275/100 Z		VN 12/2x275/175 S		VN 12/6x275/120 S	
	R [Ω /cm]	G [S]	R [Ω /cm]	G [S]	R [Ω /cm]	G [S]
1.	14,830	0,067	5,030	0,199	1,620	0,617
2.	15,430	0,065	4,480	0,223	1,570	0,637
3.	13,230	0,076	5,400	0,185	1,580	0,633
4.	15,500	0,065	6,750	0,148	1,510	0,662
5.	14,300	0,070	5,830	0,172	1,610	0,621
\bar{x}	14,658	0,068	5,498	0,185	1,578	0,634

Pre porovnanie hodnôt elektrickej vodivosti jednotlivých typov vodivých nití bol zostrojený graf.



Graf 1: Závislosť zmeny elektrickej vodivosti jednotlivých typov vodivých priadzí.

Z výsledkov merania vodivá niť **VN 12/6x275/120 S** (príloha 2) má najlepšiu elektrickú vodivosť, z tohto dôvodu bola vybraná pre tvorbu elektricky vodivých dráh. Niť tohto druhu má vysokú elektrickú vodivosť. Pre vysokú tuhosť, malý počet zákrutov a veľký priemer nieje vhodná ako šijacia niť.

Pre zhotovenie elektricky vodivých dráh šijacou technikou boli použité šijacie nite 100% SPUN PL, 40/2 tex, a vodivé dráhy boli vytvárané na troch typoch nosnej textílie (príloha 2):

- A)** - Tkanina – bavlnárskeho typu (50% CO/50% PL)
- B)** - Jednolícna záťažná pletenina (67% PL/27% Pesh Coolmax fresh / 6% Lycra)
- C)** - Jednolícna záťažná pletenina – plávkovina (80% PA/20% Elastan)

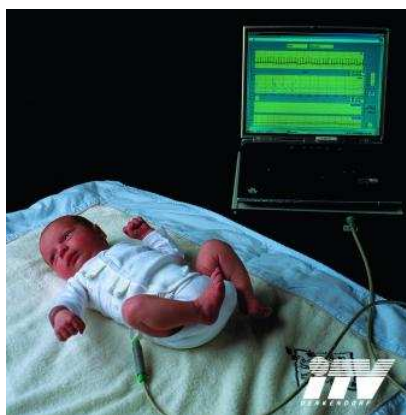
Odevný materiál typu **A** je vhodný do nemocničného prostredia ako napr. nemocničné lôžkoviny.

Lôžkoviny so zabudovaným mobilným senzorovým systémom umožňujú monitorovať životne dôležité funkcie človeka i vlastnosti prostredia, v ktorom sa človek nachádza. Daným systémom sa rozumie integrovaný celok jednotlivých senzorových elementov

integrovaných na substráte s obvody spracovania signálu a pripojených na zbernici, ktorá je súčasťou nemocničnej lôžkoviny [14].

Z odevného materiálu typu **B** je možná výroba funkčného prádla pre vrcholových športovcov, kojenecké body a v neposlednej rade tvorba spodného prádla. Tieto uvedené typy odevných výrobkov prostredníctvom zabudovaných čidiel do odevu môžu neustále sledovať životné funkcie ľudských orgánov (ako sú napr. činnosť srdca, pľúc, telesná teplota).

Kojenecké body prostredníctvom integrácie čidiel vo vnútri odevu môžu včasne zistiť onemocnenie srdca a krvného obehu (obr. 9). Čidla sú rozmiestnené tak, aby neprekážali a nenarušovali spánok dieťaťa [3].



Obr. 9: Detské body s čidlami.

Odevný materiál typu **C** je určený pre výrobu plaviek. Behom slnenia je vhodné poznať intenzitu slnečného žiarenia. Inteligentné plávky sú vhodným odevným výrobkom pre zabudovanie indikátoru slnečného žiarenia (obr. 10) [3].



Obr. 10: Elektronické plávky s ukazovateľom stavu ultrafialového žiarenia a dobou opaľovania.

3.2 Príprava prídavných zariadení pre tvorbu elektricky vodivých dráh

Elektricky vodivú dráhu predstavuje niť aplikovaná na nosnú textíliu a to:

- 1) *Našitím krycím stehom triedy 602 pomocou špeciálnej strojovej pätky pre vedenie vodivej nite.*
- 2) *Zalemovaním pomocou prídavného lemovacieho zariadenia.*
- 3) *Založením pomocou prídavného zakladacieho zariadenia.*

Strojovým šitím pomocou prídavných zariadení sa prostredníctvom vodivej nite na textílii vytvárajú elektricky vodivé dráhy. Pre tvorbu elektricky vodivej dráhy boli použité tri typy prídavných zariadení, a to špeciálna strojová pätká pre našívanie vodivej priadze (obr. 11), lemovacie (obr. 12) a zakladacie (obr. 13) prídavné zariadenie. Špeciálna strojová pätká umožňuje zaviesť vodivú priadzu do krycieho stehu triedy 602 vychádzajúceho z normy ISO 4915. Lemovacie a zakladacie zariadenia slúžia k začisteniu okrajov šitého materiálu spolu s vodivou niťou.



Obr. 11: Špeciálna strojová pätká pre našívanie vodivej nite.



Obr. 12: Lemovacie prídavné zariadenie.



Obr. 13: Zakladacie prídavné zariadenie.

Vodivé dráhy boli zhotovované na jednotlivých typoch strojového zariadenia:

- ide o priemyselné šijacie stroje typu:

- Vysokorýchlostný interlockový plochý šijací stroj F007J-W122-356/FHA značky SIRUBA® (príloha 3A),
- Plochý šijací stroj s viazaným stehom značky SIRUBA® : L818F-M1 (príloha 3B),
- Plochý šijací stroj s retiazkovým stehom značky Brother : DT4-B261 (príloha 3C),
- Štvornitný obnitkovací šijací stroj s orezom značky SIRUBA® : 747E 514M2-24 (príloha 3D).

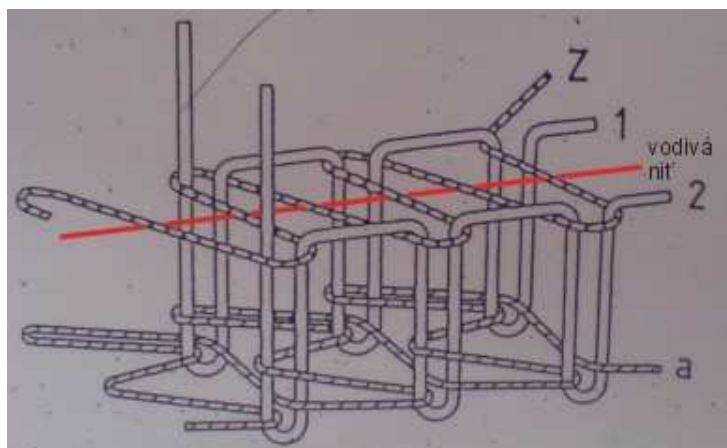
3.2.1 Návrh špeciálnej strojovej pätky pre privedenie vodivej nite do miesta tvorby stehu

Faktory ovplyvňujúce návrh špeciálneho zariadenia pre vedenie vodivej nite:

1. **Správna tvorba stehu** – navrhnuté zariadenie nesmie brániť správnej funkcii stehotvorných mechanizmov.
2. **Vedenie prídavného materiálu (vodivej nite) uprostred vytváraného stehu** – zamedziť porušenie štruktúry prídavného materiálu (vodivej nite) stehotvornými mechanizmami.

Špeciálna strojová pätká patrí k vysokorýchlostnému interlockovému plochému šijaciemu stroju výroby značky SIRUBA®. Ide o 3-ihlový šijací stroj so spodným a vrchným krytím. Stroj predstavuje viac kombinácií tvorby stehu, a používa sa na šitie pletenín ako sú trička, mikiny, spodné prádlo a pod.

Vodivá dráha bola tvorená vyradením strednej ihly z činnosti, čím sa šilo dvomi hornými ihlami, medzi ktoré bola vkladaná vodivá niť. Prostredná ihla by narušila štruktúru vodivej nite. Obrázok 14 znázorňuje tvorbu krycieho stehu triedy 602 s vkladáním vodivej nite medzi dve ihlové nite a pod hornú kryciu niť.



Obr. 14: Krycí steh triedy 602 s vložením vodivej nite.

Základná konštrukcia špeciálnej strojovej pätky je ponechaná zo základnej strojovej pätky interlockového šijacieho stroja. Na obrázkoch 15 a, b, c je znázornená základná strojová päťka z rôznych pohľadov.



a)



b)



c)

Obr. 15: Základná strojová päťka k interlockovému šijaciemu stroju, a) bočný pohľad, b) čelný pohľad, c) pohľad na pracovnú plochu pätky.

Strojová šijacia päťka má funkciu prítlačného zariadenia šijacieho stroja. Pri tvorení stehu sa šitý materiál pridržiava proti samovoľnému posunutiu. Túto funkciu plní prítlačné zariadenie, ktoré súčasne zabezpečuje pružné pritlačenie šitého materiálu k podávaču.

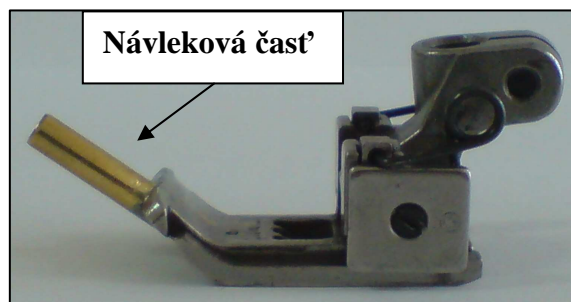
Postup zhotovenia špeciálnej pätky:

Zadanie:

Prispôsobenie pätky spodkom a vrchom krycieho stroja na vedenie a prichytenie vodivej priadze.

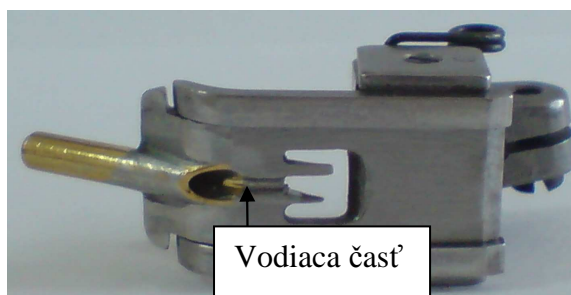
Prevedenie:

Bola použitá základná pätká s kompenzačnými dorazmi na stranách, pre vrchom a spodkom krycí šijací stroj L818F – M1; F007J SIRUBA®. Základná pätká bola celkom demontovaná. Do jej strednej časti bola špeciálnym kotúčom vyrezaná drážka, kde bola vsadená mosadzná trubička o vonkajšom priemere 4 mm a vnútornom priemere 3 mm, ktorá tvorí prvú časť vedenia vodivej nite tzv. *navleková časť* (obr. 16).



Obr. 16: Špeciálna strojová pätká – pohľad z profilu.

Trubička špeciálnej pätky bola pripevnená letovaním. Následne bola do spodnej plochy tejto časti vybrúsená drážka, ktorá naväzuje na trubičku, a tvorí tak druhú časť vedenia vodivej nite tzv. *vodiaca časť* (obr. 17).



Obr. 17: Špeciálna strojová pätká – pohľad zo spodnej časti.

Všetky pracovné časti pätky, ktorých sa dotýka vodivá niť boli vyleštené (vyhladené) jemným brusným papierom, aby sa zabránilo porušeniu štruktúry vodivej nite.

V poslednej fáze bola špeciálna pätká opäť skompletovaná, a následne boli prevedené skúšky jej použitia priamo na šijacom stroji.

Funkcia:

Upravená špeciálna pätká funkčne vyhovuje zadaniu.

3.3 Návrh a tvorba elektricky vodivých dráh

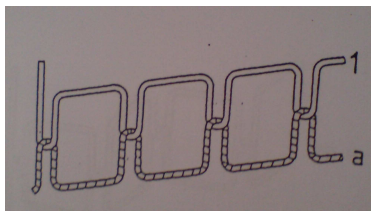
Pre realizáciu vhodnej aplikácie vodivej nite šijacou technikou boli zvolené rôzne druhy stehov podľa ČSN ISO 4915, a švov podľa ČSN ISO 4916. Vybrané typy stehov boli zhotovené pomocou prídavných zariadení na jednotlivých typoch strojových zariadení.

Vodivá priadza je aplikovaná vo vodivej dráhe dvomi spôsobmi, a to:

1. *viditeľná na povrchu odevu,*
2. *neviditeľná na povrchu odevu.*

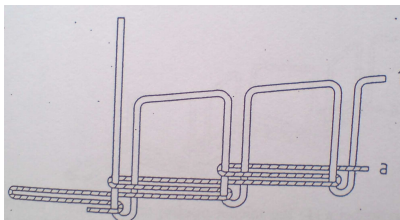
Druhy použitých stehov ČSN ISO 4915 (triedy 300, 400, 500, 600):

- **Trieda 301** – steh je tvorený dvomi niťami, jednou ihlovou niťou (**1**) a jednou spodnou niťou (**a**). Slučka nite **1** prechádza materiálom z ihlovej strany a na druhej strane sa preväzuje s niťou **a**. Niť **1** je ťahaná späť tak, že sa previazanie dostáva do stredu medzi povrchy zošívaneho materiálu (obr. 18) [12].



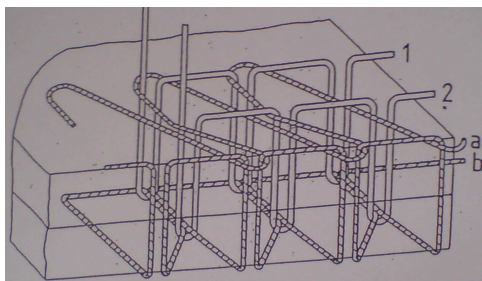
Obr. 18: Dvojitný viazaný steh triedy 301.

- **Trieda 401** – steh je tvorený dvoma niťami, jednou ihlovou niťou (**1**) a jednou spodnou niťou (**a**). Slučka nite **1** prechádza materiálom z ihlovej strany a na druhej strane jednou slučkou nite **a**. Potom sa preväzuje s ďalšou slučkou nite **a**. Previazania sú pritiahnuté k materiálu (obr. 19) [12].



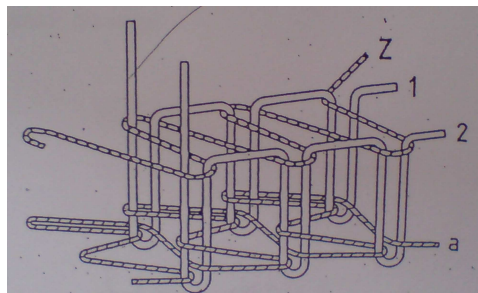
Obr. 19: Dvojitný retiazkový steh triedy 401.

- **Trieda 514** – steh je tvorený štyrmi niťami, dvoma ihlovými niťami (**1** a **2**) a dvoma spodnými niťami (**a** a **b**). Slučky nití **1** a **2** prechádzajú slučkou nite **a**, ktorá je položená na prieč ihlovej strany materiálu, a ďalej prechádzajú materiálom. Slučky nití **1** a **2** sa v mieste vynorenia na druhej strane materiálu preväzujú so slučkou nite **b**. Slučka nite **b** je vedená k okraju materiálu, kde sa preväzuje s ďalšou slučkou nite **a**. Slučka nite **a** je pretiahnutá k miestam nasledujúcich vpichov ihl (obr. 20) [12].



Obr. 20: Štvornitý obnietkovací steh triedy 514.

- **Trieda 602** – steh je tvorený štyrmi niťami, dvoma ihlovými niťami (**1** a **2**), jednou spodnou niťou (**a**) a jednou krycou niťou (**Z**). Slučky nití **1** a **2** preväzujú slučkami nite **Z**, ktoré sú položené na prieč ihlovej strany materiálu, ďalej prechádzajú materiálom a dvoma oddelenými slučkami nite **a**. Potom sa preväzujú s ďalšou slučkou nite **a** a sú pritiahnuté k materiálu (obr. 21) [12].



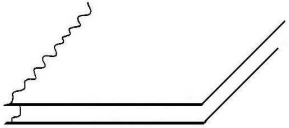
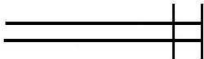

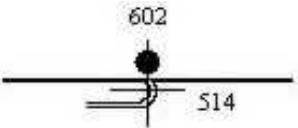
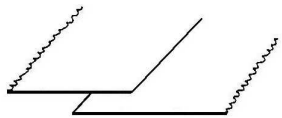
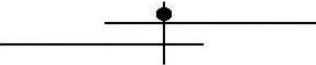
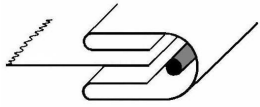
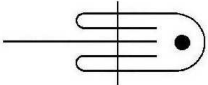
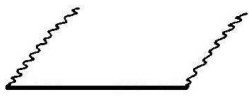

Obr. 21: Štvornitný krycí steh triedy 602.

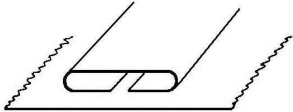
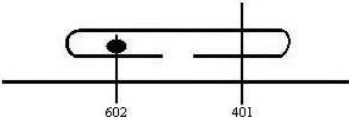

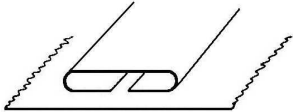
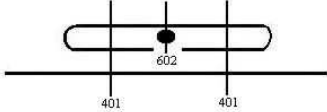


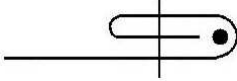
Druhy použitých švov ČSN ISO 4916 (triedy 1.00.00, 2.00.00, 3.00.00, 5.00.00):

- Trieda 1.01.02
- Trieda 2.01.02
- Trieda 3.22.01
- Trieda 5.01.01
- Trieda 5.06.01
- Trieda 5.06.04
- Trieda 6.03.01

3.3.1 Analýza postupu tvorby vodivých dráh

Tab. 2: Tvorba vodivých dráh.

Druh použitého materiálu (*)	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu	Strojové zariadenie	Prídavné zariadenie	Aplikácia na odevu
B	1.01.02			514	Obnitkovací šijací stroj s orezom		Prešívanie plečných, prieramkových a členiacich švov. Vodivá niť je viditeľná na povrchu odevu.
				602	Plochý interlockový šijací stroj	Špeciálna strojová päťka	
B	2.01.02			602	Plochý interlockový šijací stroj	Špeciálna strojová päťka	Montážne švy spodného prádla. Vodivá niť je viditeľná na povrchu odevu.
A, B	3.22.01			301	Plochý šijací stroj s viazaným stehom	Lemovacie prídavné zariadenie	Začistenie priekrčníkových okrajov. Vodivá niť je neviditeľná na povrchu odevu.
A, B, C	5.01.01			602	Plochý interlockový šijací stroj	Špeciálna strojová päťka	Ozdobné prešívanie v ploche. Vodivá niť je viditeľná na povrchu odevu.

Druh použitého materiálu (*)	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu	Strojové zariadenie	Prídavné zariadenie	Aplikácia na odeve
B, C	5.06.01			602	Plochý interlockový šijací stroj	Špeciálna strojová päťka	Tvorba tunelikov. Vodivá niť je neviditeľná na povrchu odevu.
				401	Plochý šijací stroj s retiazkovým stehom		
B	5.06.04			602	Plochý interlockový šijací stroj	Špeciálna strojová päťka	Tvorba tunelikov. Vodivá niť je neviditeľná na povrchu odevu.
				401	Plochý šijací stroj s retiazkovým stehom		
A	6.03.01			301	Plochý šijací stroj s viazaným stehom.	Zakladacie prídavné zariadenie.	Začisťovanie dolných záložiek (horné vreckové okraje – nakladané vrecká). Vodivá niť je neviditeľná na povrchu odevu.

Poznámka: (*) Druhy materiálov: A – Tkanina – bavlnárskeho typu (50% CO/50% PL), B – Jednolícna záťažná pletenina (67% PL/27% PEsh Coolmax fresh /6% Lycra), C – Jednolícna záťažná pletenina – plávkovina (80% PA/20% Elastan).

3.4 Zhotovenie elektricky vodivých dráh

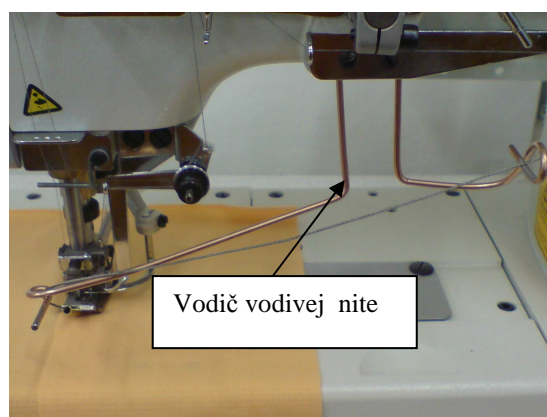
- 1) *Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou špeciálnej strojovej pätky pre privedenie vodivej nite do miesta krycieho stehu.*

Elektricky vodivé dráhy boli zhotovené prostredníctvom špeciálnej strojovej pätky, navrhnutej k vysokorýchlostnému interlockovému šijaciemu stroju SIRUBA® (obr. 22).



Obr. 22: Vysokorýchlostný interlockový šijací stroj SIRUBA® so špeciálnou strojovou pätkou.

K vedeniu vodivej nite od niťového stojanu k pätke bol vytvarovaný jednoduchý vodič, ktorý je upevnený v prednej časti šijacieho stroja (obr. 23).

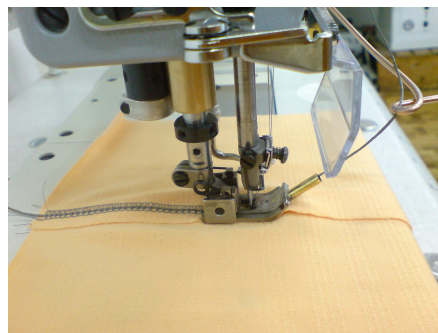


Obr. 23: Tvorba vodivej dráhy pomocou špeciálnej strojovej pätky.

Očko v prednej časti vodiča vedie vodivú niť do stredu trubičky v prednej časti vodiacej pätky, aby nedochádzalo k opotrebovaniu vnútorných okrajov trubičky v dôsledku dlhodobého používania pri tvorbe vodivých dráh (Obr. 24 a); b)).



a)



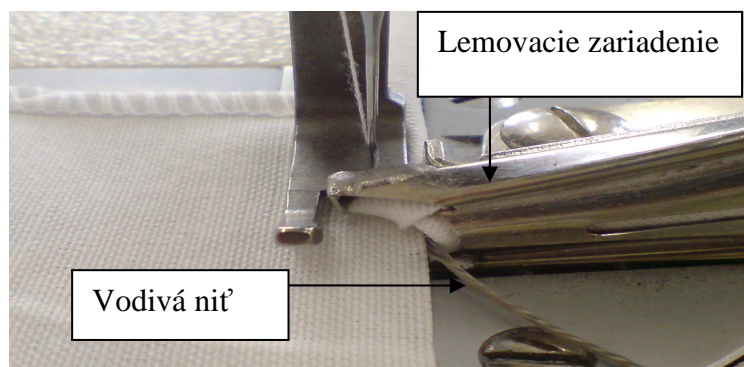
b)

Obr. 24: Špeciálna strojová pätká s očkom vodiča a) čelný pohľad, b) pohľad z profilu.

Pre zvýšenie efektívnosti výroby sa doporučuje aby vodivá niť bola navinutá na kónusových cievkach, nie na valcových cievkach.

2) *Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou lemovacieho zariadenia pre privedenie vodivej nite do miesta lemovacieho švu.*

Ďalším postupom tvorby elektricky vodivých dráh bolo zhotovenie lemovacieho švu pomocou lemovacieho zariadenia (obr. 25). Lemovací šev vznikne prekrytím jednej alebo niekoľkých vrstiev šitého materiálu pruhom iného materiálu prostredníctvom lemovacieho zariadenia. Iným materiálom sa rozumie lemovací prúžok, ktorý je šikmo strihaný pod uhlom 45° . Lemovací prúžok bol strihaný z rovnakého odevného materiálu ako vrchový materiál.



Obr. 25: Tvorba vodivej dráhy lemovacím zariadením.

Pre správnu tvorbu vodivej dráhy lemovacím švom je dôležité aby sa vodivá niť nedostala v priebehu lemovania do miesta tvorby stehu, t.j. aby sa nenarušila jej štruktúra prešitím.

3) ***Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou zakladacieho zariadenia pre privedenie vodivej nite do miesta obrubovacieho švu.***

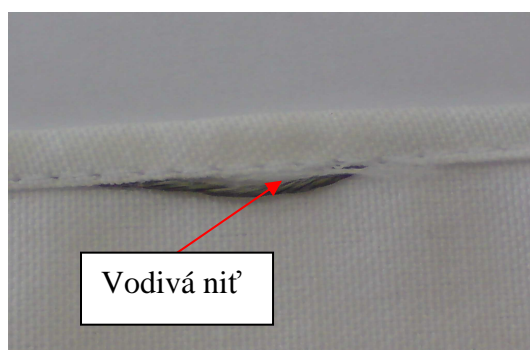
Posledný navrhnutý postup tvorby elektricky vodivej dráhy bol obrubovací šev zhotovený pomocou zakladacieho zariadenia (obr. 26).



Obr. 26: Tvorba vodivej dráhy zakladacím zariadením.

Pri tvorbe vodivej dráhy zakladacím zariadením dochádzalo k porušeniu štruktúry vodivej nite, kde v mieste prešitia obrubovacieho švu vodivá niť vylieza skrz šev. Na (obr. 27) je vidieť prešitú vodivú niť v mieste prešitia pri tvorbe švu. Vytvorenie tohto typu vodivej dráhy neodpovedalo predpokladaným požiadavkám. Vzhľadom na túto skutočnosť

vytvorené vzorky neboli podrobené ďalším bodom experimentu a t.j. prevádzana údržba praním.



Obr. 27: Vytvorená vodivá dráha zakladacím zariadením.

Fotografie zhotovených vodivých dráh pomocou použitých prídavných zariadení (špeciálnou strojovou pätkou, lemovacím a zakladacím prídavným zariadením) sú zahrnuté v prílohe 4A, 4B, 4C, a praktické ukážky sú obsiahnuté vo vzorkovnici.

B:Analýza chovania vytvorených elektricky vodivých dráh po opakovanej údržbe pracím cyklom a sušením

Po zhotovení elektricky vodivých dráh, sa na jednotlivých vzorkách pozorovali zmeny vodivých charakteristík, a to následovne:

- 1. meranie elektrického odporu pred prvým pracím cyklom a sušením,*
- 2. meranie elektrického odporu po opakovanom pracom cykle a sušení.*

Z hodnôt nameraného elektrického odporu bola vyhodnotená elektrická vodivosť jednotlivých vodivých dráh.

3.5 Meranie vodivých vlastností na vytvorených elektricky vodivých dráhach

Elektrický odpor:

Elektrický odpor je fyzikálna veličina charakterizujúca schopnosť elektrických vodičov viesť elektrický prúd. Vzniká v dôsledku pohybu voľných elektrónov vo vodiči. Voľné elektróny pri svojom pohybe narážajú do atómov. Zrážky s atómami však brzdia pohyb elektrónov, čo sa prejavuje ako elektrický odpor vodiča. Hodnota elektrického odporu je daná materiálom a tvorom vodiča.

Veľkosť odporu závisí na:

- dĺžke vodiča (priamo úmerne),
- obsahu prierezu vodiča (nepriamo úmerne),
- látke vodiča (merný elektrický odpor),
- teplote.

Závislosť odporu na teplote je rozdielna pre vodiče a polovodiče. Odpor vodičov so vzrastajúcou teplotou stúpa, ale odpor polovodičov so vzrastajúcou teplotou klesá.

Elektrický odpor má vždy kladnú hodnotu. Dobré vodiče kladú malý odpor, zlé vodiče kladú veľký odpor.

Elektrický odpor označujeme **R** a jeho jednotkou je **ohm [Ω]**.

Elektrický odpor je určený vzťahom:

$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega] \quad (1)$$

U – napätie [V]

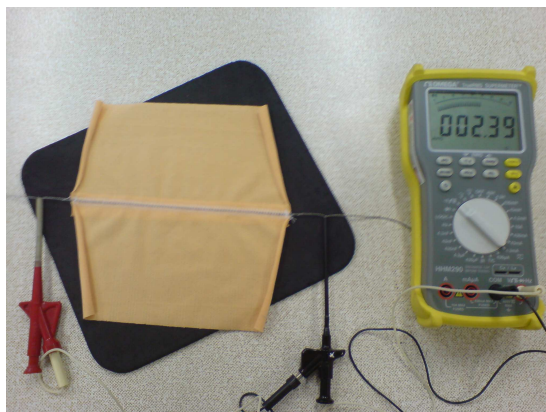
I – prúd [A]

Podmienky merania:

Pri meraní je potrebné prihliadnuť k možnému vplyvu prostredia (zmena teploty, barometrického tlaku, vlhkosti, ...), v ktorom sa prejavuje pôsobenie meranej fyzikálnej veličiny na meracie zariadenie a na samotnú meranú veličinu. Rovnako je dôležité analyzovať vplyv meracieho zariadenia (hlavne jeho prvého člena – snímača) na hodnotu meranej veličiny (napr. zmenou podmienok merania, zaťažením zdroja meranej veličiny). Je nevyhnutné si uvedomiť vzájomné pôsobenie prostredia (meranej veličiny) a meracieho zariadenia, pretože len na tomto základe je možný prenos informácie o hodnote meranej veličiny. Pri meraní je taktiež potrebné rozlišovať laboratórne, prevádzkové, terénne, kozmické a iné podmienky merania, pretože tieto podmienky môžu podstatne ovplyvniť výber metódy merania príslušnej meranej veličiny [13].

Na meranie elektrického odporu bolo použité meracie zariadenie *multimeter Omega HHM290* (príloha 5).

Pre zaistenie čo najlepšieho kontaktu vodivej nite s meracím obvodom boli použité kovové svorky. Meranie prebiehalo pri klimatických podmienkach $\bar{T} = 21,5^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$, $\bar{\varphi} = 50,3\% (\pm 4\%)$ na nevodivej podložke (obr. 28). Hodnoty elektrického odporu boli u vodivej nite namerané o dĺžke 0,25 m.



Obr. 28: Meranie elektrického odporu multimetrom Omega HHM290 na nevodivej podložke.

Elektrická vodivosť:

Elektrická vodivosť je fyzikálna veličina, ktorá udáva veľkosť elektrického prúdu prechádzajúci vodičom pri jednotkovom napätí na koncoch vodiča. Elektrická vodivosť popisuje schopnosť dobre viesť elektrický prúd. Čím väčšia je vodivosť, tým silnejší elektrický prúd prechádza vodičom pri rovnakom napätí. Dobrý vodič má vysokú hodnotu vodivosti a zlý vodič má nízku hodnotu vodivosti. Elektrickú vodivosť označujeme **G** a jej jednotkou je **siemens [S]**.

Elektrická vodivosť je určená vzťahom:

$$G = \frac{I}{U} = \frac{1}{R} \quad [A.V^{-1} = \Omega^{-1} = S] \quad (2)$$

kde **I** je elektrický prúd pretekajúci vodičom a **U** je elektrické napätie na koncoch vodiča. Elektrická vodivosť je prevrátená hodnota elektrického odporu **R**.

3.5.1 Výsledky merania vodivých vlastností pred údržbou vodivých dráh

Po vytvorení elektricky vodivej dráhy bol meraný jej elektrický odpor ešte pred samotným praním. Elektrický odpor bol meraný pomocou multimetra **Omega HHM290** na troch druhoch nosnej textílie (tab. 3, 4, 5), na ktorých boli prevedené jednotlivé druhy vodivých dráh. V tabuľkách 3, 4, 5 sú zahrnuté okrem nameraných hodnôt elektrického odporu taktiež hodnoty elektrickej vodivosti vodivých dráh.

Tab. 3: Elektrický odpor a elektrická vodivosť vodivých dráh – vzorka A

Počet meraní	Vzorka A			
	Druh švu			
	3.22.01		5.01.01	
	R	G	R	G
	[Ω/cm]	[S]	[Ω/cm]	[S]
1.	1,420	0,704	1,530	0,654
2.	1,540	0,649	1,530	0,654
3.	1,500	0,667	1,560	0,641
4.	1,540	0,649	1,500	0,667
5.	1,520	0,658	1,500	0,667
\bar{x}	1,504	0,665	1,524	0,656

Tab. 4: Elektrický odpor a elektrická vodivosť vodivých dráh – **vzorka B**

Počet meraní	Vzorka B											
	Druh švu											
	1.01.02		2.01.02		3.22.01		5.01.01		5.06.01		5.06.04	
	R $\left[\frac{\Omega}{cm}\right]$	G [S]	R $\left[\frac{\Omega}{cm}\right]$	G [S]	R $\left[\frac{\Omega}{cm}\right]$	G [S]	R $\left[\frac{\Omega}{cm}\right]$	G [S]	R $\left[\frac{\Omega}{cm}\right]$	G [S]	R $\left[\frac{\Omega}{cm}\right]$	G [S]
1.	1,570	0,637	1,550	0,645	1,540	0,649	1,690	0,592	1,600	0,625	1,590	0,629
2.	1,560	0,641	1,620	0,617	1,510	0,662	1,600	0,625	1,540	0,649	1,630	0,613
3.	1,580	0,633	1,530	0,654	1,530	0,654	1,570	0,637	1,590	0,629	1,580	0,633
4.	1,570	0,637	1,580	0,633	1,580	0,633	1,580	0,633	1,580	0,633	1,570	0,637
5.	1,490	0,671	1,550	0,645	1,550	0,645	1,640	0,610	1,510	0,662	1,580	0,633
\bar{x}	1,554	0,644	1,566	0,639	1,542	0,649	1,616	0,619	1,564	0,640	1,590	0,629

Tab. 5: Elektrický odpor a elektrická vodivosť vodivých dráh – **vzorka C**

Počet meraní	Vzorka C			
	Druh švu			
	5.01.01		5.06.01	
	R	G	R	G
	$[\Omega/cm]$	[S]	$[\Omega]$	[S]
1.	1,540	0,649	1,590	0,629
2.	1,570	0,637	1,550	0,645
3.	1,570	0,637	1,550	0,645
4.	1,570	0,637	1,510	0,662
5.	1,570	0,637	1,560	0,641
\bar{x}	1,564	0,639	1,552	0,645

Hodnoty elektrického odporu a elektrickej vodivosti sa na jednotlivých vzorkách **A**, **B**, **C** výrazne neodlišujú. Z výsledkov merania je zrejmé, že nedošlo k žiadnemu vybočujúcemu meraniu. Tieto pôvodné hodnoty boli použité k ďalšiemu spracovaniu výsledkov.

3.6 Údržba elektricky vodivých dráh pracím cyklom a sušením



Vodivé vlastnosti vodivých dráh boli vyhodnocované u vytvorených vzoriek po pracích cykloch a následovnom sušení podľa normy ČSN EN ISO 6330.

Údržba pracím cyklom bola volená za predpokladu, že rovnako ako každý iný odevný materiál, z ktorého bude zhotovený odev, bude i tento podrobený údržbe. Prací cyklus simuloval domáce pranie.

Prací cyklus bol prevádzaný spredu plnenej automatickej pračky značky SAMSUNG typ WF-F1062 triedy A. Parametre automatickej pracky vid'. (príloha 6).

Zhotovené vodivé dráhy boli podrobené piatim pracím cyklom pri rovnakom pracom programe pre jednotlivé druhy materiálov, a pri rovnakých parametroch dávkovania pracieho prášku (ARIEL AUTOMAT M-ZIM5 s prísadou Lenor Touch). Pracie programy boli volené podľa použitia jednotlivých odevných materiálov pre určitý typ odevného výrobku (tab. 6). Teplota pracieho cyklu bola volená na základe symbolov ošetrovania pre jednotlivé typy odevných výrobkov (príloha 2).

Tab. 6: Voľba pracích programov pre jednotlivé druhy odevných materiálov

Druh použitého materiálu (*)	Prací program	Dávkovanie pracieho prostriedku na:		Teplota [°C]	Rýchlosť odstred'ovania [ot/min]	Prací cyklus [min]	Sušenie:		Počet pracích cyklov
		Hmotnosť suchej textílie [g]	Hmotnosť pracieho prášku [g]				Spôsob sušenia	Doba sušenia [hod]	
A	Detská bavlna 	400	15	40	1000	98	Zavesené na šnúre	24	5
B, C	Rýchly program 	75	10	30	800	28	Zavesené na šnúre	24	5

Poznámka:

(*) Druhy materiálov: A – Tkanina – bavlnárskeho typu (50% CO/50% PL), B – Jednolícna záťažná pletenina (67% PL / 27% PEsh Coolmax fresh/6% Lycra), C – Jednolícna záťažná pletenina – plávkovina (80% PA/20% Elastan).

3.7 Meranie a porovnanie zmien elektrických vlastností po jednotlivých prácich cykloch

Vzorky boli podrobené údržbou praním spredu plnenej automatickej pračky značky SAMSUNG typu WF-F1062 triedy A. Po každom pracovnom cykle nasledovalo sušenie vypraných vzoriek. Sušenie prebiehalo po každom praní za rovnakých podmienok. Jednotlivé vzorky s vytvorenými vodivými dráhami sa sušili vo zvislej polohe, a doba sušenia trvala 24 hod. vo vetrateľnej miestnosti.

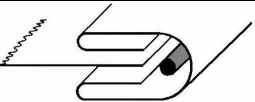
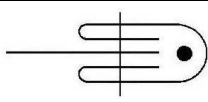
Zmeny elektrického odporu a elektrickej vodivosti boli porovnané od pôvodných nameraných hodnôt.

Klimatické podmienky merania elektrického odporu po narastajúcich prácich cykloch sú obsiahnuté v tabuľke 37 (príloha 7D).

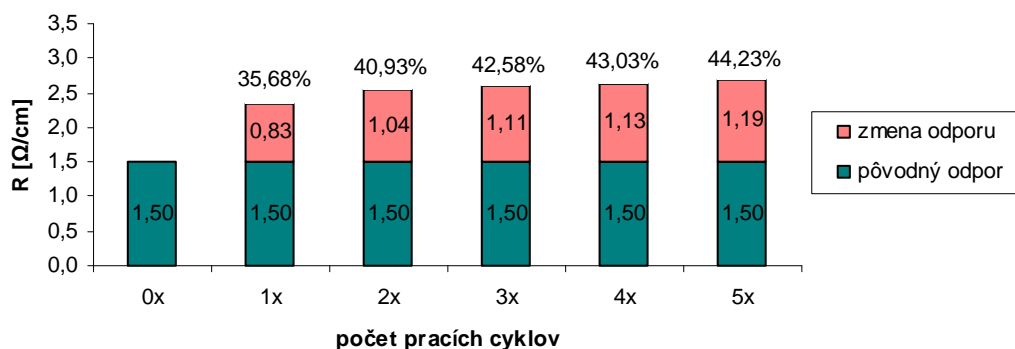
3.7.1 Zmeny vodivých vlastností po pracích cykloch

Zmena vodivých vlastností vodivých dráh – tkanina bavlnárskeho typu 50% CO/50% PL **(A)**

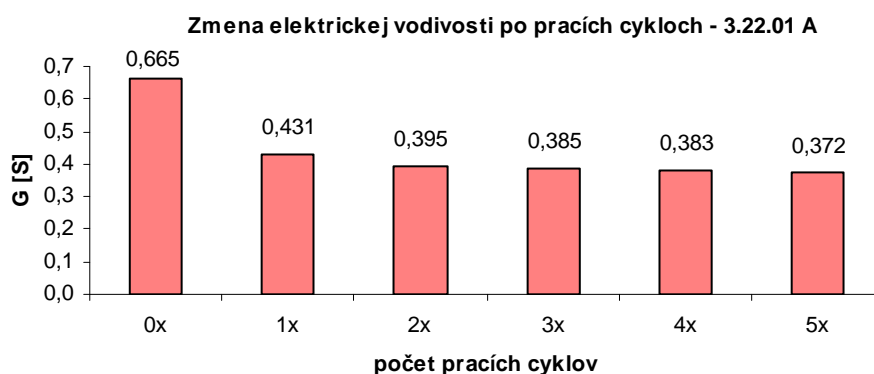
Tab. 7: Tvorba vodivej dráhy lemovacím zariadením (vodivá dráha 3.22.01 A)

Druh použitého materiálu	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu
A	3.22.01			301

Zmena elektrického odporu po pracích cykloch - 3.22.01 A



Graf 2: Závislosť zmeny elektrického odporu na práci cyklus (vodivá dráha 3.22.01 A)





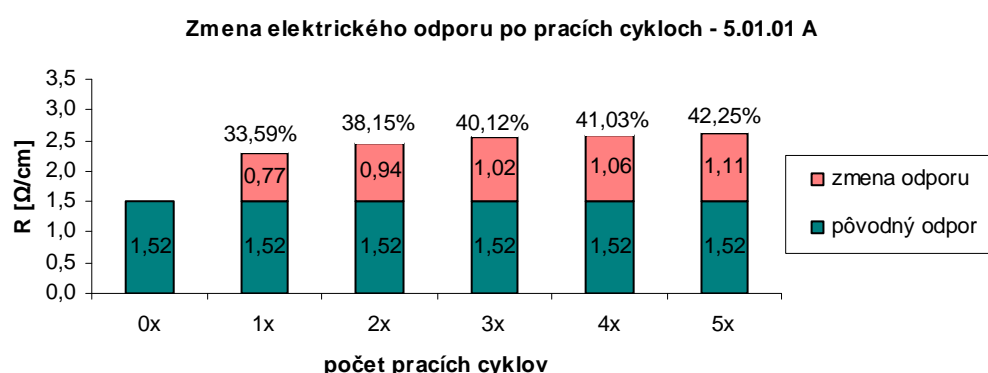
Graf 3: Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na práci cyklus (vodivá dráha 3.22.01 A)

Graf 2 charakterizuje zhoršujúce zmeny elektrického odporu, a graf 3 charakterizuje zhoršujúcu sa vodivosť po narastajúcom pracovnom cykle. Z výsledkov merania je zrejmé, že pracovný cyklus negatívne ovplyvňuje vodivé vlastnosti vodivých ciest. Dĺžka pracovného cyklu (98

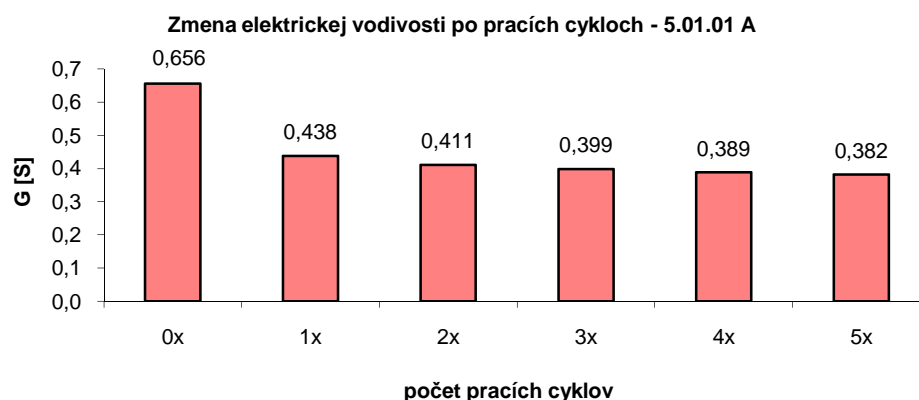
min.) ovplyvňuje výsledky merania. V tomto prípade sa vodivé vlastnosti zhoršujú cca od 35 – 45%.

Tab. 8: Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.01.01 A)

Druh použitého materiálu	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu
A	5.01.01			602



Graf 4: Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 5.01.01 A)

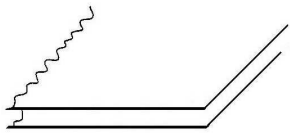
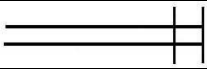
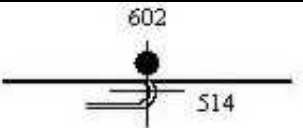


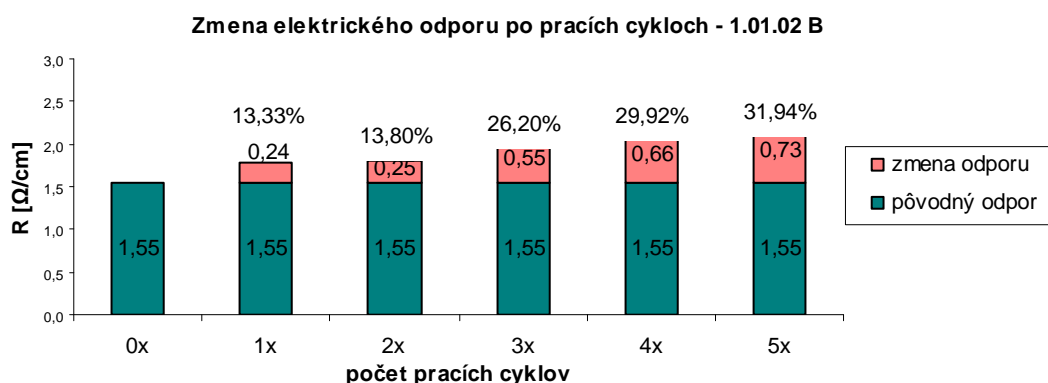
Graf 5: Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus (vodivá dráha 5.01.01 A)

Graf 4 charakterizuje zhoršujúce zmeny elektrického odporu, a graf 5 charakterizuje zhoršujúcu sa vodivosť po narastajúcom pracovnom cykle. Z výsledkov merania je zrejmé, že prací cyklus negatívne ovplyvňuje vodivé vlastnosti vodivých ciest. Dĺžka pracovného cyklu (98 min.) ovplyvňuje výsledky merania. V tomto prípade sa vodivé vlastnosti zhoršujú cca od 33 – 43%.

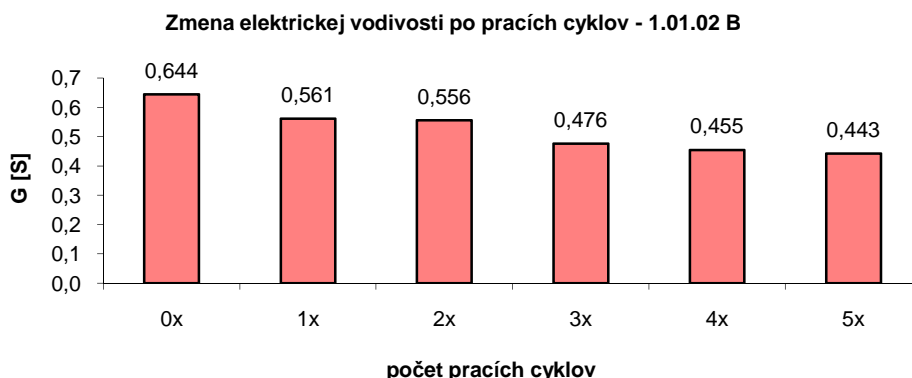
Zmena vodivých vlastností vodivých dráh – jednolící zátěžná pletenina 67% PL /27% PEsh Coolmax fresh /6% Lycra (B)

Tab. 9: Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 1.01.02 B)

Druh použitého materiálu	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu
B	1.01.02			514
				602



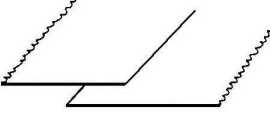
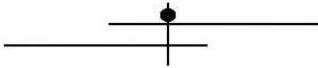
Graf 6: Závislosť zmeny elektrického odporu na práci cyklus (vodivá dráha 1.01.02 B)

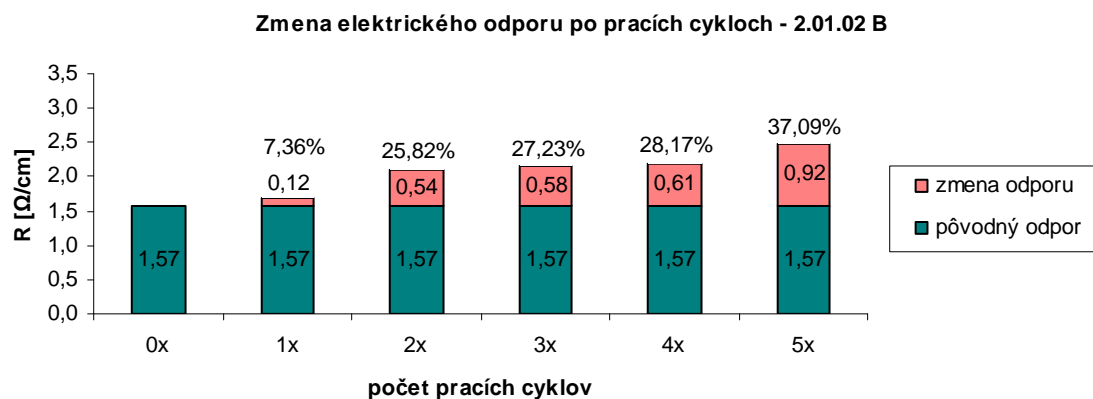


Graf 7: Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na práci cyklus (vodivá dráha 1.01.02 B)

Graf 6 charakterizuje zhoršujúce zmeny elektrického odporu, a graf 7 charakterizuje zhoršujúcu sa vodivosť po narastajúcom pracovnom cykle. Z výsledkov merania je zrejmé, že pracovný cyklus negatívne ovplyvňuje vodivé vlastnosti vodivých ciest. Dĺžka pracovného cyklu (28 min.) ovplyvňuje výsledky merania. V tomto prípade sa vodivé vlastnosti zhoršujú cca od 13 – 32%.

Tab. 10: Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 2.01.02 B)

Druh použitého materiálu	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu
B	2.01.02			602



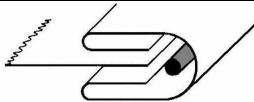
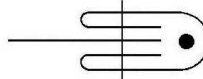
Graf 8: Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 2.01.02 B)



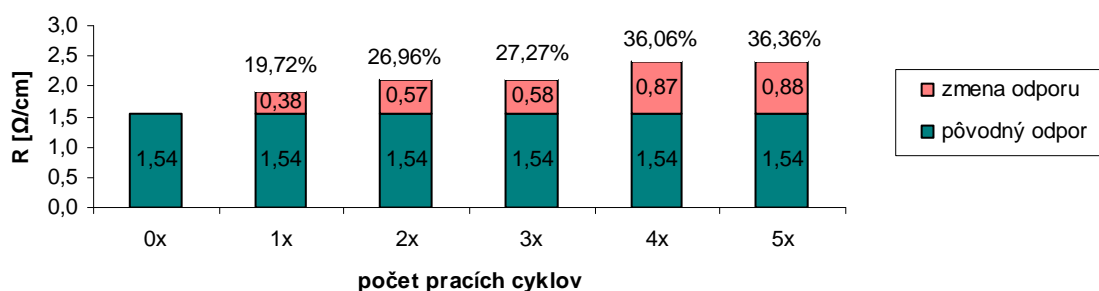
Graf 9: Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus (vodivá dráha 2.01.02 B)

Graf 8 charakterizuje zhoršujúce zmeny elektrického odporu, a graf 9 charakterizuje zhoršujúcu sa vodivosť po narastajúcom pracovnom cykle. Z výsledkov merania je zrejmé, že pracovný cyklus negatívne ovplyvňuje vodivé vlastnosti vodivých ciest. Dĺžka pracovného cyklu (28 min.) ovplyvňuje výsledky merania. V tomto prípade sa vodivé vlastnosti zhoršujú cca od 7 – 37%.

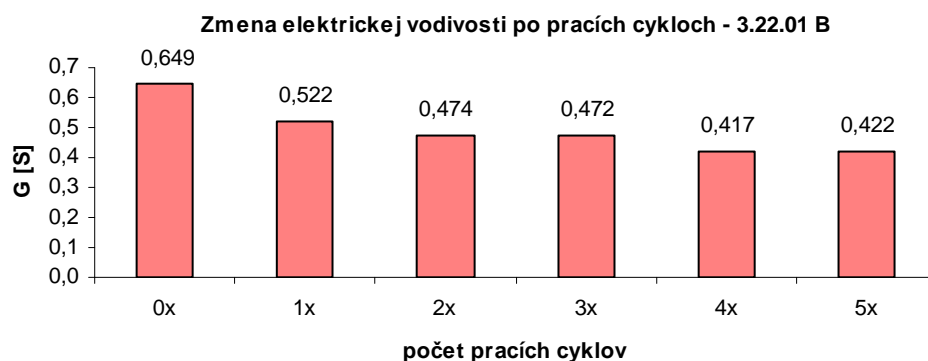
Tab. 11: Tvorba vodivej dráhy lemovacím zariadením (vodivá dráha 3.22.01 B)

Druh použitého materiálu	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu
B	3.22.01			301

Zmena elektrického odporu pracích cykloch - 3.22.01 B





Graf 10: Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 3.22.01 B)

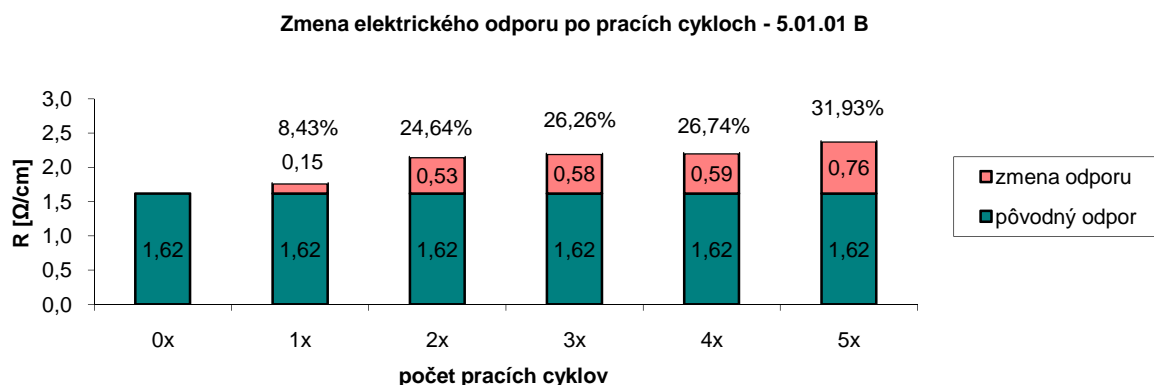


Graf 11: Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus (vodivá dráha 3.22.01 B)

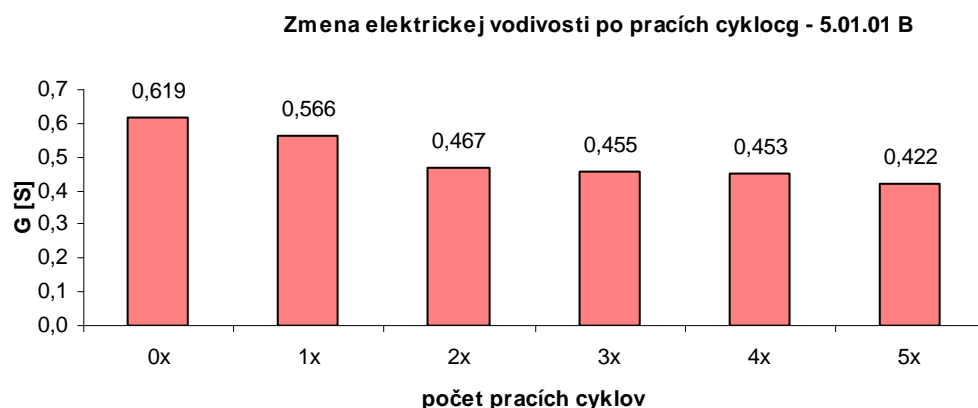
Graf 10 charakterizuje zhoršujúce zmeny elektrického odporu, a graf 11 charakterizuje zhoršujúcu sa vodivosť po narastajúcom pracovnom cykle. Z výsledkov merania je zrejmé, že pracovný cyklus negatívne ovplyvňuje vodivé vlastnosti vodivých ciest. Dĺžka pracovného cyklu (28 min.) ovplyvňuje výsledky merania. V tomto prípade sa vodivé vlastnosti zhoršujú cca od 19 – 37%.

Tab. 12: Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.01.01 B)

Druh použitého materiálu	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu
B	5.01.01			602



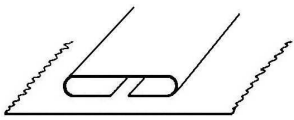
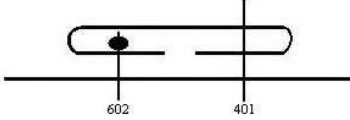
Graf 12: Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 5.01.01 B)



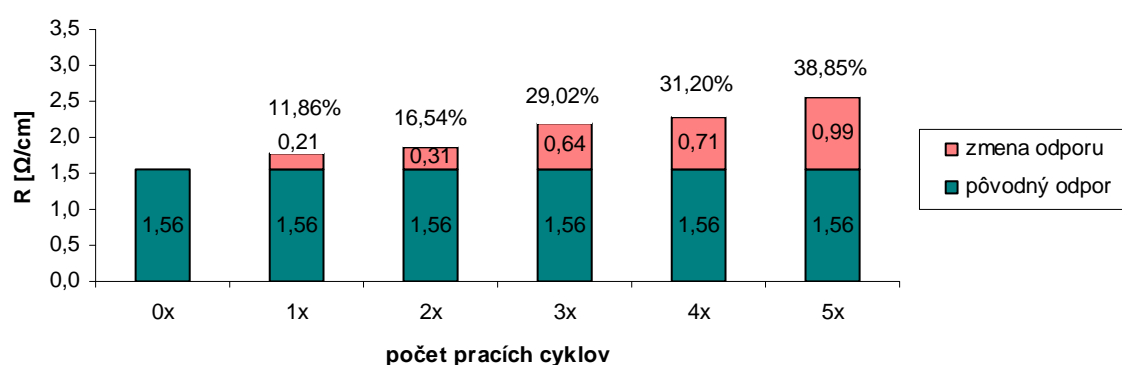
Graf 13: Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus (vodivá dráha 5.01.01 B)

Graf 12 charakterizuje zhoršujúce zmeny elektrického odporu, a graf 13 charakterizuje zhoršujúcu sa vodivosť po narastajúcom pracovnom cykle. Z výsledkov merania je zrejmé, že pracovný cyklus negatívne ovplyvňuje vodivé vlastnosti vodivých ciest. Dĺžka pracovného cyklu (28 min.) ovplyvňuje výsledky merania. V tomto prípade sa vodivé vlastnosti zhoršujú cca o 8 – 32%.

Tab. 13: Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.06.01 B)

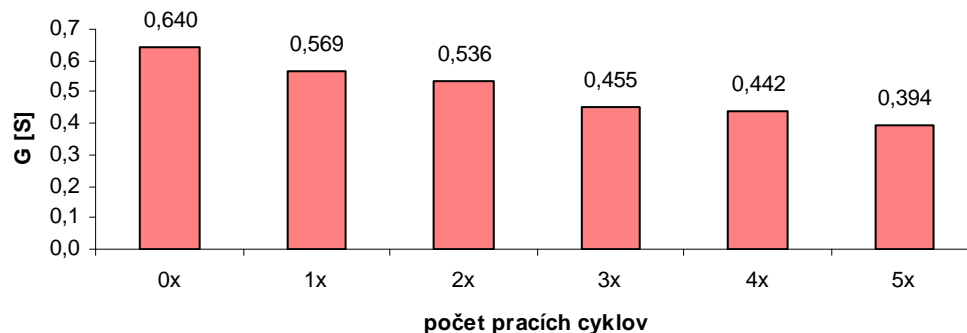
Druh použitého materiálu	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu
B	5.06.01			602
				401

Zmena elektrického odporu po pracích cykloch - 5.06.01 B



Graf 14: Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 5.06.01 B)

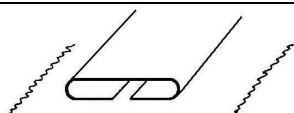
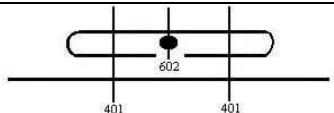
Zmena elektrickej vodivosti po pracích cykloch - 5.06.01 B



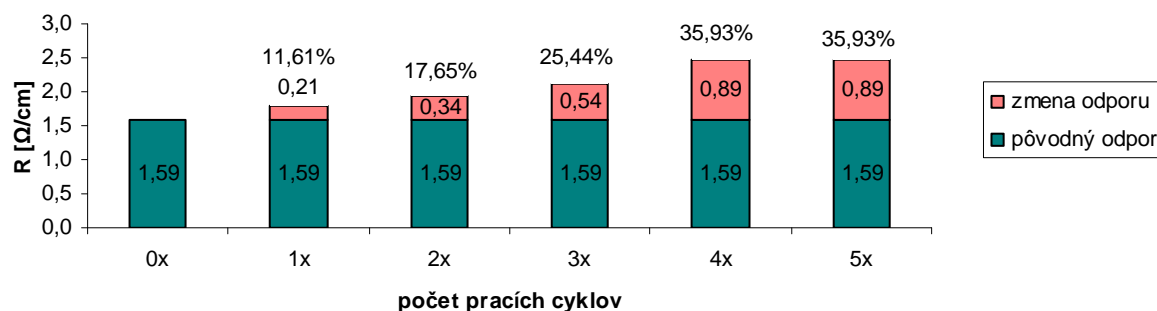
Graf 15: Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus (vodivá dráha 5.06.01 B)

Graf 14 charakterizuje zhoršujúce zmeny elektrického odporu, a graf 15 charakterizuje zhoršujúcu sa vodivosť po narastajúcom pracovnom cykle. Z výsledkov merania je zrejmé, že prací cyklus negatívne ovplyvňuje vodivé vlastnosti vodivých ciest. Dĺžka pracovného cyklu (28 min.) ovplyvňuje výsledky merania. V tomto prípade sa vodivé vlastnosti zhoršujú cca od 11 – 39%.

Tab. 14: Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.06.04 B)

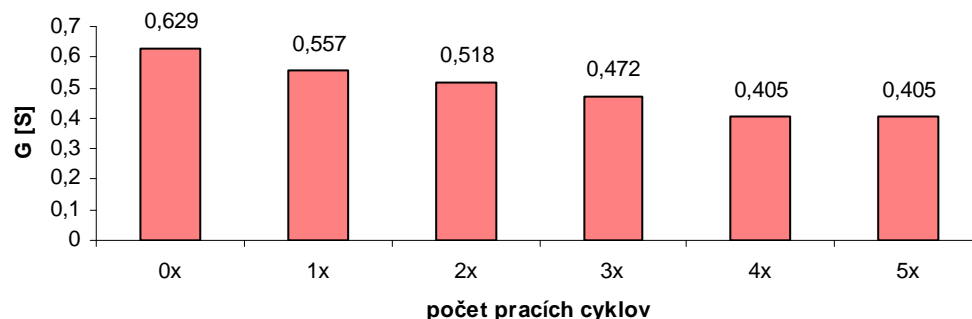
Druh použitého materiálu	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu
B	5.06.04			602
				401

Zmena elektrického odporu po pracích cykloch - 5.06.04 B



Graf 16: Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 5.06.04 B)

Zmena elektrickej vodivosti po pracích cykloch - 5.06.04 B





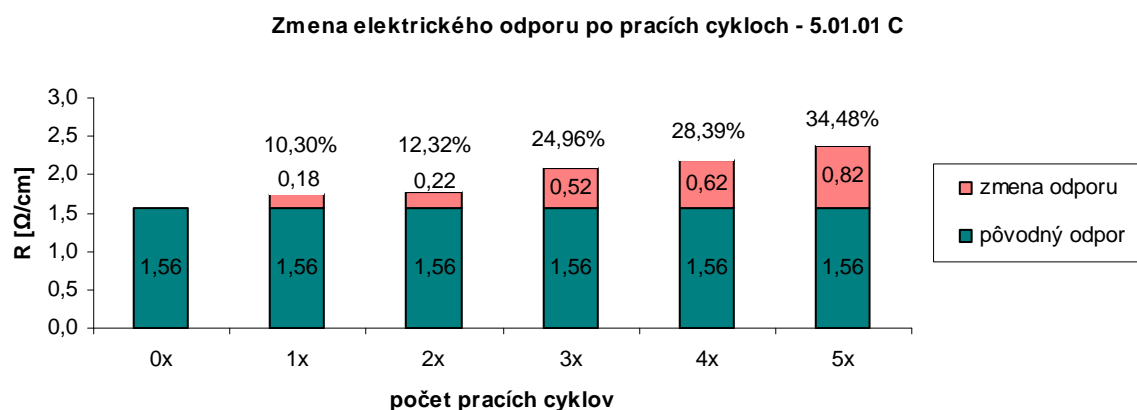
Graf 17: Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus (vodivá dráha 5.06.04 B)

Graf 16 charakterizuje zhoršujúce zmeny elektrického odporu, a graf 17 charakterizuje zhoršujúcu sa vodivosť po narastajúcom pracovnom cykle. Z výsledkov merania je zrejmé, že pracovný cyklus negatívne ovplyvňuje vodivé vlastnosti vodivých ciest. Dĺžka pracovného cyklu (28 min.) ovplyvňuje výsledky merania. V tomto prípade sa vodivé vlastnosti zhoršujú cca od 11 – 36%.

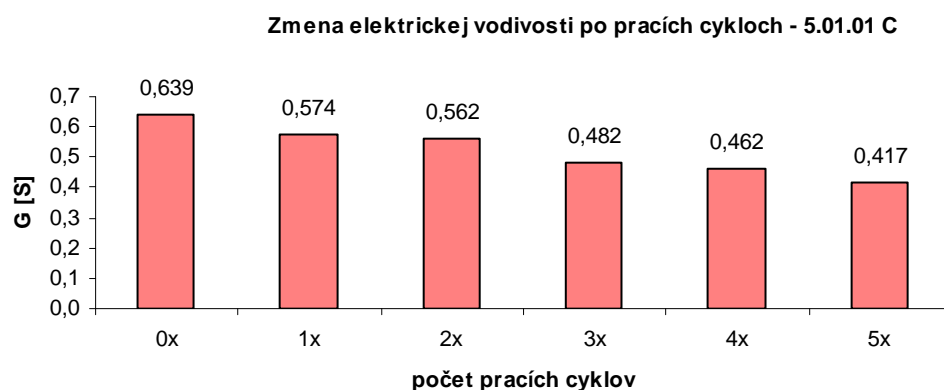
Zmena vodivých vlastností vodivých dráh – jednolícna záťažná pletenina - plávkovina 80% PA/20% Elastan (C)

Tab. 15: Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.01.01 C)

Druh použitého materiálu	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu
C	5.01.01			602



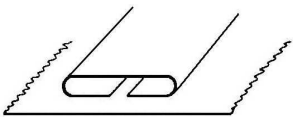
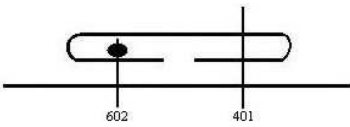
Graf 18: Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 5.01.01 C)

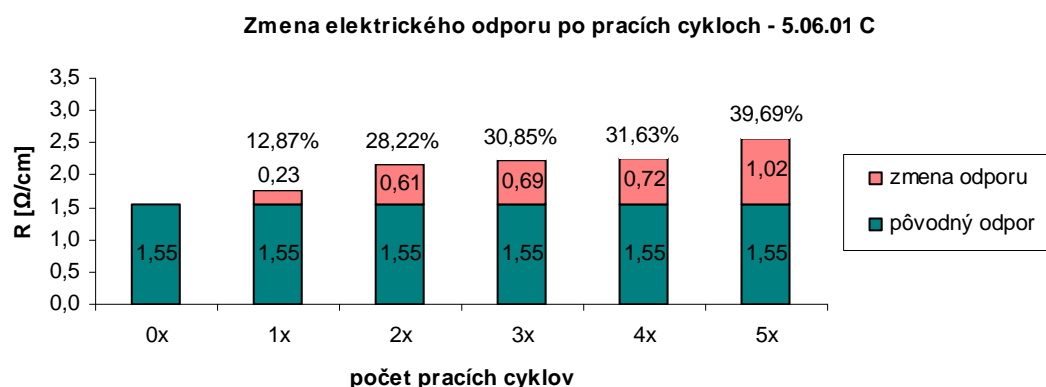


Graf 19: Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus (vodivá dráha 5.01.01 C)

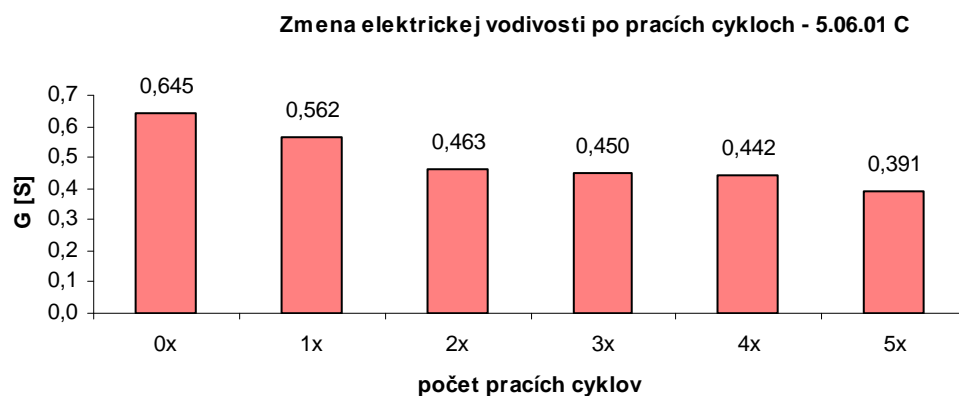
Graf 18 charakterizuje zhoršujúce zmeny elektrického odporu, a graf 19 charakterizuje zhoršujúcu sa vodivosť po narastajúcom pracovnom cykle. Z výsledkov merania je zrejmé, že pracovný cyklus negatívne ovplyvňuje vodivé vlastnosti vodivých ciest. Dĺžka pracovného cyklu (28 min.) ovplyvňuje výsledky merania. V tomto prípade sa vodivé vlastnosti zhoršujú cca od 10 – 35%.

Tab. 16: Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.06.01 C)

Druh použitého materiálu	Trieda švu	Položenie materiálu	Spôsob prešitia	Trieda stehu
C	5.06.01			602
				401



Graf 20: Závislosť zmeny elektrického odporu na práci cyklus (vodivá dráha 5.06.01 C)



Graf 21: Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na práci cyklus (vodivá dráha 5.06.01 C)

Graf 20 charakterizuje zhoršujúce zmeny elektrického odporu, a graf 21 charakterizuje zhoršujúcu sa vodivosť po narastajúcom pracovnom cykle. Z výsledkov merania je zrejmé, že pracovný cyklus negatívne ovplyvňuje vodivé vlastnosti vodivých ciest. Dĺžka pracovného cyklu (28 min.) ovplyvňuje výsledky merania. V tomto prípade sa vodivé vlastnosti zhoršujú cca od 12 – 40%.

Z výsledkov merania elektrického odporu po narastajúcom pracovnom cykle je obtiažne určiť o akú konštantnú hodnotu sa zhoršuje schopnosť viesť elektrický prúd. Hodnoty vodivých vlastností znásobujúceho sa pracovného cyklu sú závislé na množstve ovplyvňujúcich faktoroch, ako napr. (chemické zloženie vody, chemické zloženie pracovného prostriedku a avivážneho prostriedku, celkový čas pracovného cyklu, doba sušenia a klimatické podmienky merania, atď.). Veľký vplyv má aj relaxačná doba merania, počas ktorej hodnoty elektrického odporu klesajú a približujú sa k pôvodným hodnotám.

Tabuľky nameraných hodnôt vodivých vlastností jednotlivých vodivých dráh sú obsiahnuté v prílohe 7A, 7B, 7C.

ZÁVER

Textilný priemysel v Európe obtiažne čelí lacnej ázijskej konkurencii. Úspech v boji s konkurenciou je v hľadaní nových nápadov, ktoré by symbolizovali progresívne technológie 21. storočia.

Prvá časť tejto práce je zameraná na obnovenie postupu tvorby vodivých dráh pomocou strojového šitia. Jej druhá časť je venovaná testovaniu vytvorených vodivých dráh údržbou t.j. pracím cyklom a sušením, ktoré simuluje domáce pranie.

Experiment pokračoval v riešení výskumu danej problematiky z minulých rokov, kde dosiahnuté výsledky boli negatívne pre zlú šijaciu schopnosť vodivých nití oproti štandardným šijacím nitiam.

Výber vhodnej vodivej nite pre tvorbu vodivých dráh vychádzal z najlepších vodivých vlastností dostupných druhov vodivých nití, a to *VN 12/1x275/100 Z* (100% oceľové vlákna), *VN 12/2x275/175 S* (100% oceľové vlákna) a *VN 12/6x275/120 S* (100% oceľové vlákna) od firmy *Bekaert*. Na základe získaných hodnôt elektrického odporu a elektrickej vodivosti týchto nití bola pre tvorbu vodivej dráhy vybraná vodivá niť *VN 12/6x275/120 S* (100% oceľové vlákna), ktorá mala najlepšie vodivé vlastnosti.

Samotná tvorba vodivých dráh predstavovala možnosti aplikácie vodivej nite pomocou prídavných zariadení, a navrhnutie špeciálnej strojovej pätky, ktorá umožní privádzať vodivú niť do miesta tvorby stehu. Pri tvorbe vodivých dráh vodivá niť nebola použitá ako šijacia niť, ale ako prídavný materiál pri tvorbe stehu alebo švu. Podľa spomínanej funkcie vodivej nite nie sú na vodivú niť kladené vysoké šijacie schopnosti.

Návrh špeciálnej strojovej pätky pre vedenie vodivej nite do miesta tvorby krycieho stehu vychádzal od základnej strojovej šijacej pätky pre šijacie stroje s krycím stehom. Zhotovenie špeciálnej strojovej pätky predchádzalo správne navrhnutie a umiestnenie návlekovej a vodiacej časti tohto zariadenia, pre správnu funkciu stehotvorných mechanizmov, a pokladanie vodivej nite na stred tvorby stehu. Na základnú strojovú pätku bola v jej strednej časti vyrezaná drážka kde bola vsadená mosadzná trubička, ktorá tvorí prvú časť vedenia vodivej nite tzv. *navlekovú časť*. Do spodnej plochy pätky bola vybrúsená drážka, ktorá naväzuje na trubičku, a tvorí druhú časť vedenia vodivej nite tzv. *vodiacu časť*. Elektricky vodivú dráhu predstavuje niť, ktorá je aplikovaná na nosnú textíliu tromi spôsobmi, a to našitím krycím stehom pomocou špeciálnej strojovej pätky, zalemovaním

pomocou prídavného lemovacieho zariadenia a založením pomocou prídavného zakladacieho zariadenia.

Správna tvorba vodivej dráhy krycím stehom si vyžadovala zostrojiť vodič pre vedenie vodivej nite od niťového stojanu k špeciálnej strojovej pätky. Pre zvýšenie efektívnosti výroby sa doporučuje aby vodivá niť bola navinutá na kónusových cievkach, nie na valcových cievkach.

Pri vytváraní vodivej dráhy lemovacím a zakladacím švom bolo dôležité dávať pozor, aby vodivá niť v priebehu lemovania či zakladania okrajov materiálu sa nedostala do miesta tvorby stehu. Pri tvorbe lemovacieho švu nebola narušená štruktúra vodivej nite. Zhotovenie vodivej dráhy zakladacím zariadením neodpovedalo predpokladaným požiadavkám, z dôvodu porušenia štruktúry vodivej nite, kde v mieste prešitia obrubovacieho švu vodivá niť vyliezala skrz šev. Vodivé dráhy zhotovené zakladacím zariadením kvôli negatívnemu výsledku ich zhotovenia neboli použité pre hodnotenie vodivých vlastností po údržbe praním a sušením.

Na jednotlivých vzorkách vodivých dráh boli pozorované zmeny chovania ich vodivých vlastností, a to porovnaním pôvodného elektrického odporu a elektrickej vodivosti s hodnotami elektrického odporu a elektrickej vodivosti po opakovanej údržbe praním a sušením. Pôvodné hodnoty elektrického odporu a elektrickej vodivosti sa u jednotlivých vzorkách medzi sebou výrazne neodlišovali. Vodivé dráhy boli podrobené piatim pracím cyklom. Prací cyklus nijak nenarušil tvar zhotovených vodivých dráh. Vodivá niť sa v jednotlivých vodivých dráhach nerozvolňovala, a ani nijak nedeformovala. Po porovnaní vodivých vlastností vodivých dráh je zrejmé, že prací cyklus zhoršuje schopnosť vodivých dráh viesť elektrický prúd. Bolo obtiažne určiť o akú konštantnú hodnotu sa zhoršuje schopnosť viesť elektrický prúd s narastajúcim pracím cyklom. Hodnoty vodivých vlastností znásobujúceho sa pracieho cyklu záviseli na množstve ovplyvňujúcich faktorov, ako napr. (chemické zloženie vody, zloženie pracieho prostriedku, celkový čas pracieho cyklu, doba sušenia, klimatické podmienky merania, atď.). Veľký vplyv má aj relaxačná doba merania, počas ktorej hodnoty elektrického odporu klesajú a približujú sa k pôvodným hodnotám. Pri takomto malom počte meraní nemôžeme výsledky považovať za objektívne.

Pri použití elektroniky v odevnom priemysle je treba vyriešiť problém, ako tieto „elektronické odevy“ vytvoriť aby odolávali vode, a aby po vypraní v automatickej pračke zostali za všetkých okolností funkčné. Preto pre ďalšie skúmanie tejto problematiky navrhujem, aby celé elektronické obvody zabudované v odeve boli podrobené údržbe praním /štandardný prací cyklus/.

Použitá literatura

- [1] Inteligentní oděvy budoucnosti, [Cit:2008-01-11]
<<http://www.automatizace.cz/article.php?a=678>>
- [2] High-tech oděvy zítřka, [Cit:2008-01-11]
<http://ihned.cz/1--21958350-000000_print-36>
- [3] Současný stav v oboru inteligentních a interaktivních textilií, [Cit:2008-02-07]
<<http://www.mateo.ntc.zcu.cz/doc/Stav.doc>>
- [4] MILITKÝ, J.: *Technické textilie*. Liberec 2002, skriptu TUL/FT, ISBN: 80-7083-590-7; vydání první.
- [5] BAJČIČÁKOVÁ, M.: *Tvorba elektricky vodivých struktur pomocí technologie šití a vyšívání*. [Diplomová práce]. Liberec 2007. – Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilná.
- [6] Smartshirt System, [Cit:2008-03-03]
<<http://www.sensatex.com/smartshirt.html>>
- [7] MOTEJL, V.: *Stroje a zařízení v oděvní výrobě*, 1984, SNTL – Praha, vydání první.
- [8] KREBSOVA, M.: *Technologie II*. Liberec 1990, skriptu TUL/FT, ISBN: 80-7083-049-2; vydání první.
- [9] HAAS, V.: *Odevné stroje a zariadenia*, 1984, alfa – Bratislava, ISBN: 63-409-85; prvé vydanie.
- [10] ZOUHAROVÁ, J.: *Výroba oděvů II*. Liberec 2002, skriptu TUL/FT
- [11] RŮŽIČKOVÁ, D.: *Zpracovatelské a užitné vlastnosti oděvních materiálů*. Liberec 2002, skriptu TUL/FT, ISBN: 80-7083-602-2, vydání první.
- [12] ČSN ISO 4915, Druhy stehov, Triedenie a terminológia. 1994
- [13] FAJT, V. a kol.: *Elektrická měření*, 1987 Praha, STNL, ISBN: 04-529-87; vydání první.
- [14] Senzorové systémy pro inteligentní textilie, [Cit:2008-02-12]
<<http://www.tesla-blatna.cz/cs/>>

Zoznam grafických prác

A) Zoznam obrázkov

- Obr. 1** Miesta pre umiestnenie elektronických zariadení.
- Obr. 2** Inteligentný odev pre snímanie a fyziologických signálov a pohybov z ľudského tela.
- Obr. 3** Schematické znázornenie optického vlákna s Braggovými ryhami. (A) vnútorná vrstva, (B) medzivrstva, (R) Braggove ryhy.
- Obr. 4** Príklad tkanej klávesnice SOFTSWITCH.
- Obr. 5** Tkaná klávesnica hudobného nástroja SOFTSWITCH.
- Obr. 6** Vyšívaná klávesnica MIT.
- Obr. 7** a) Vodivá textilná sieť, b) kapacitná a ohybná textilná klávesnica.
- Obr. 8** Príklady vodivých priadzí a kvapalných farbív používaných v textíliách.
- Obr. 9** Detské body s čidlami.
- Obr. 10** Elektronické plávky s ukazovateľom stavu ultrafialového žiarenia a dobou opaľovania.
- Obr. 11** Špeciálna strojová päťka pre našívanie vodivej nit.
- Obr. 12** Lemovacie prídavné zariadenie.
- Obr. 13** Zakladacie prídavné zariadenie.
- Obr. 14** Krycí steh triedy 602 s vložením vodivej nite.
- Obr. 15** Základná strojová päťka k interlockovému šijaciemu stroju, a) bočný pohľad, b) čelný pohľad, c) pohľad na pracovnú plochu päťky.
- Obr. 16** Špeciálna strojová päťka – pohľad z profilu.
- Obr. 17** Špeciálna strojová päťka – pohľad zo spodnej časti.
- Obr. 18** Dvojitný viazaný steh triedy 301.
- Obr. 19** Dvojitný retiazkový steh triedy 401.
- Obr. 20** Štvornitý obnitkovací steh triedy 514.
- Obr. 21** Štvornitý krycí steh triedy 602.
- Obr. 22** Vysokorýchlostný interlockový šijací stroj SIRUBA® so špeciálnou strojovou pätkou.
- Obr. 23** Tvorba vodivej dráhy pomocou špeciálnej strojovej päťky.
- Obr. 24** Špeciálna strojová päťka s očkom vodiča. a) čelný pohľad, b) pohľad z profilu.

Obr. 25 Tvorba vodivej dráhy lemovacím zariadením.

Obr. 26 Tvorba vodivej dráhy zakladacím zariadením.

Obr. 27 Vytvorená vodivá dráha zakladacím zariadením.

Obr. 28 Meranie elektrického odporu multimetrom Omega HHM290 na nevodivej podložke.

B) Zoznam tabuliek

Tab. 1 Hodnoty elektrického odporu a vodivosti jednotlivých typov vodivých nití.

Tab. 2 Tvorba vodivých dráh.

Tab. 3 Elektrický odpor a elektrická vodivosť vodivých dráh – **vzorka A.**

Tab. 4 Elektrický odpor a elektrická vodivosť vodivých dráh – **vzorka B.**

Tab. 5 Elektrický odpor a elektrická vodivosť vodivých dráh – **vzorka C.**

Tab. 6 Voľba prácich programov pre jednotlivé druhy odevných materiálov .

Tab. 7 Tvorba vodivej dráhy lemovacím zariadením (vodivá dráha 3.22.01 A).

Tab. 8 Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.01.01 A).

Tab. 9 Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 1.01.02 B).

Tab. 10 Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 2.01.02 B).

Tab. 11 Tvorba vodivej dráhy lemovacím zariadením (vodivá dráha 3.22.01 B).

Tab. 12 Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.01.01 B).

Tab. 13 Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.06.01 B).

Tab. 14 Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.06.04 B).

Tab. 15 Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.01.01 C).

Tab. 16 Tvorba vodivej dráhy špeciálnou strojovou pätkou (vodivá dráha 5.06.01 C).

Tab. 17 Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus
(vodivá dráha 3.22.01 A).

Tab. 18 Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na práci cyklus
(vodivá dráha 3.22.01 A).

Tab. 19 Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus
(vodivá dráha 5.01.01 A).

Tab. 20 Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na práci cyklus
(vodivá dráha 5.01.01 A).

Tab. 21 Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus
(vodivá dráha 1.01.02 B).

- Tab. 22** Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 1.01.02 B).
- Tab. 23** Zmena elektrického odporu v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 2.01.02 B).
- Tab. 24** Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 2.01.02 B).
- Tab. 25** Zmena elektrického odporu v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 3.22.01 B).
- Tab. 26** Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 3.22.01 B).
- Tab. 27** Zmena elektrického odporu v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.01.01 B).
- Tab. 28** Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.01.01 B).
- Tab. 29** Zmena elektrického odporu v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.06.01 B).
- Tab. 30** Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.06.01 B).
- Tab. 31** Zmena elektrického odporu v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.06.04 B).
- Tab. 32** Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.06.04 B).
- Tab. 33** Zmena elektrického odporu v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.01.01 C).
- Tab. 34** Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.01.01 C).
- Tab. 35** Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.06.01 C).
- Tab. 36** Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.06.01 C).
- Tab. 37** Klimatické podmienky merania elektrického odporu vodivých dráh.

C) Zoznam grafov

- Graf 1** Závislosť zmeny elektrickej vodivosti jednotlivých typov vodivých priadzi.
- Graf 2** Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 3.22.01 A).
- Graf 3** Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus
(vodivá dráha 3.22.01 A).
- Graf 4** Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 5.01.01 A).
- Graf 5** Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.01.01 A).
- Graf 6** Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 1.01.02 B).
- Graf 7** Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus
(vodivá dráha 1.01.02 B).
- Graf 8** Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 2.01.02 B).
- Graf 9** Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus
(vodivá dráha 2.01.02 B).
- Graf 10** Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 3.22.01 B).
- Graf 11** Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus
(vodivá dráha 3.22.01 B).
- Graf 12** Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 5.01.01 B).
- Graf 13** Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.01.01 B).
- Graf 14** Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 5.06.01 B).
- Graf 15** Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.06.01 B).
- Graf 16** Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 5.06.04 B).
- Graf 17** Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.06.04 B).
- Graf 18** Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 5.01.01 C).
- Graf 19** Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.01.01 C).
- Graf 20** Závislosť zmeny elektrického odporu na prací cyklus (vodivá dráha 5.06.01 C).
- Graf 21** Závislosť zmeny elektrickej vodivosti na prací cyklus
(vodivá dráha 5.06.01 C).

PRÍLOHA

ZOZNAM PRÍLOH

- PRÍLOHA 1*** - Druhy vodivých nití
- PRÍLOHA 2*** - Parametre použitých materiálo
- PRÍLOHA 3*** - Parametre použitých strojových zariadení
- PRÍLOHA 3 A** - Vysokorýchlostný interlockový plochý šijací stroj F007J-W122-356/FHA, SIRUBA®
- PRÍLOHA 3 B** - Plochý šijací stroj s viazaným stehom L818F-M1, SIRUBA®
- PRÍLOHA 3 C** - Plochý šijací stroj s retiazkovým stehom DT4-B261, Brother
- PRÍLOHA 3 D** - Štvornitný obnitkovací šijací stroj s orezom 514M2-24, SIRUBA®
- PRÍLOHA 4*** - aplikované vodivé dráhy pomocou prídavných zariadení

PRÍLOHA 4 A - Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou špeciálnej strojovej pätky pre privedenie vodivej nite do miesta krycieho stehu.

PRÍLOHA 4 B - Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou lemovacieho zariadenia pre privedenie vodivej nite do miesta lemovacieho švu.

PRÍLOHA 4 C - Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou zakladacieho zariadenia pre privedenie vodivej nite do miesta obrubovacieho švu.

PRÍLOHA 5 - Parametre multimetru **Omega HHM290**

PRÍLOHA 6 - Parametre automatickej pračky SAMSUNG WF-F1062

PRÍLOHA 7 - Zmeny vodivých vlastností po pracích cykloch

PRÍLOHA 7 A - Zmena vodivých vlastností vodivých dráh – tkanina bavlnárskeho typu 50% CO/50% PES (vzorka A)

PRÍLOHA 7 B - Zmena vodivých vlastností vodivých dráh – jednolícni záťažna pletenina 67% PES /27% PEsh Coolmax fresh /6% Lycra (vzorka B)

PRÍLOHA 7 C - Zmena vodivých vlastností vodivých dráh

– jednolícna zátážná pletenina - plávkovina 80% PAD/20% Elastan (vzorka C)

PRÍLOHA 7 D - Klimatické podmienky merania vodivých
vlastností vodivých dráh

PRÍLOHA 1

PRÍLOHA 1 - Druhy vodivých nití

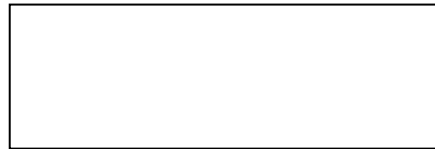
- **BK 50/2** ($\sim 50 \Omega/\text{cm}$) – táto zmesová niť slúži najlepšie pre strojové šitie a prechádza jednoducho cez uško šijacej ihly. Použitím tejto nite, ako vrchnej aj spodnej, sa výrazne zvyšuje vodivosť šitých dráh. Niť obsahuje spriadané krátke oceľové a polyesterové vlákna [5].
- **Bekintex** ($\sim 1 \Omega/\text{cm}$) – tieto nite sa skladajú zo zväzkov nekonečných nehrdzavejúcich oceľových vlákien. Vlákna sú vysoko vodivé, ale nevhodné pre strojové šitie kvôli ich nízkej ohybnosti. Hoci nie sú vhodné na šitie, ale môžu byť použité ako kordovacie nite (našité sa substrát pomocou kordovacieho zariadenia) [5].
- **Bekintex 15/2** ($\sim 1 \Omega/\text{cm}$) – ide o 100% oceľovú niť spriadanú z krátkych oceľových vlákien. Táto niť je vhodná pre strojové šitie, a to hlavne ako spodná niť pre vyšívacie stroje. Hlavné nevýhody tejto nite sú spôsobené jej chlpatosťou. Hoci obsahuje ďaleko väčší počet krátkych nehrdzavejúcich oceľových vlákien ako BK 50/2, tieto vlákna nie sú pridržované v mieste polyesterovej siete. Dôsledkom toho je omnoho viac odstávajúcich oceľových vlákien [5].
- **VN 140 nyl/35 x 3** ($\sim 10 \Omega/\text{cm}$) – táto niť má nylonové jadro obalené nekonečnými prekríženými oceľovými vláknami. Je relatívne vhodná ako vrchná a spodná šijacia niť pre vyšívacie stroje. Dráhy vyšité touto niťou sú vysoko odolné a vodivé [5].
- **Aracon**** pokovovaná aramidová niť ($\sim 0,001 \Omega/\text{cm}$) – predstaviteľom nití Aracon je firma DuPont. Tieto nite obsahujú od 24 do 200 vodivých vlákien, každé vlákno je približne $15 \mu\text{m}$ široké. Aramidové jadro tých vlákien je obvyčajne Kevlar**, nanášaný kov je striebro (Ag), nikel (Ni), meď (Cu), zlato (Au), alebo cín (Sn). Ag a Ni nanos je preferovaný pre letecké a kozmické aplikácie. Aracon predstavuje výbornú mechanickú a elektrickú stabilitu pri opakovanom ohýbaní, odoláva žiareniu a zmenám teploty [5].

PRÍLOHA 2

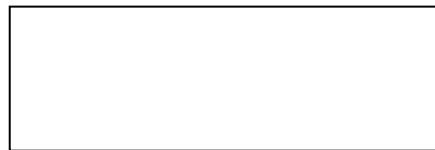
PRÍLOHA 2

- Parametre použitých materiálov

Šijacie nite (ihlové): - 100% SPUN PL, 40/2 tex od firmy „Balerina“ BRAND



Vodivá niť: - BEKINOX VN 12/6x275/120S – 100% oceľové vlákna



Nosná plošná textília:

Materiál A:

Materiálové zloženie: 50% CO/50% PL

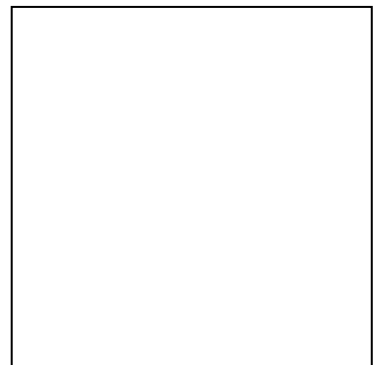
- tkanina bavlnárskeho typu

Väzba: plátňová

Dostava: $D_o = 200$ [nití/dm], $D_u = 200$ [nití/dm]

Plošná merná hmotnosť: $\rho_\sigma = 165,44$ [g/m²]

Symbody údržby:



Materiál B:

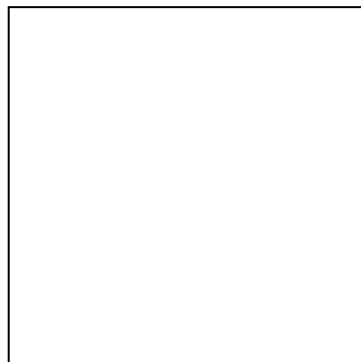
Materiálové zloženie: 67% PL/27% PEsh Coolmax fresh /6% Lycra

Väzba: jednolícna záťažná pletenina

Hustota: $H_s = 200$ [stĺpce/dm], $H_r = 300$ [riadky/dm]

Plošná merná hmotnosť: $\rho_\sigma = 211,04$ [g/m²]

Symbole údržby:



Materiál C:

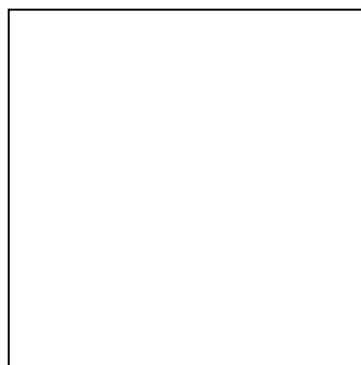
Materiálové zloženie: 80% PA/20% Elastan

Väzba: jednolícna záťažná pletenina

Hustota: $H_s = 240$ [stĺpce/dm], $H_r = 290$ [riadky/dm]

Plošná merná hmotnosť: $\rho_\sigma = 226,64$ [g/m²]

Symbole údržby:



PRÍLOHA 3

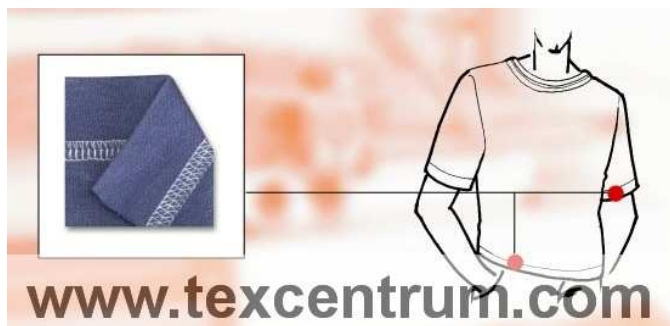
PRÍLOHA 3 A - Vysokorýchlostný interlockový plochý šijací stroj F007J-W122-356/FHA, SIRUBA®

PRÍLOHA 3 B - Plochý šijací stroj s viazaným stehom L818F-M1, SIRUBA®

PRÍLOHA 3 C - Plochý šijací stroj s retiazkovým stehom DT4-B261, Brother

PRÍLOHA 3 D - Štvornitný obnitkovací šijací stroj s orezom 514M2-24, SIRUBA®

PRÍLOHA 3 A - Vysokorýchlostný interlockový plochý šijací stroj F007J-W122-356/FHA, SIRUBA®



POPIS ŠIJACIEHO STROJA:

- 3-ihlový šijací stroj so spodným a vrchným krytím,
- rozpich medzi krajnými ihlami 5,6 mm,
- vyradením strednej ihly z činnosti je možnosť šiť 2-ihlovo,
- nenavlečením hornej nite je možné šiť len so spodným krytím,
- vyradením krajných ihiel z činnosti je možné šiť 2-nitným retiazkovým stehom (1-ihlovo),
- diferencialné podávanie,
- použitie na šitie pletenín (trička, mikiny,...),
- doska 55x105 cm s ergonomickou prednou hranou, s merítkom a odkladacou kapsou
- spojkový motor so zníženou hlučnosťou 3x380 V alebo 1x220 V podľa želania,
- zásuvka na náradie

TECHNICKÉ PARAMETRE ŠIJACIEHO STROJA:

- FHA – vodič na zakladanie spodných dĺžok,
- Dĺžka stehu – 1,2 – 4,0 mm,
- Max. otáčky – 6000 ot./min.
- Ihly – UY128 GAS

PRÍLOHA 3 B - Plochý šijací stroj s viazaným stehom L818F-M1, SIRUBA®



POPIS ŠIJACIEHO STROJA:

- vysokorychlostný 1-ihový šijací stroj na šitie ľahkých a stredne ťažkých odevných materiálov so spodným podávaním,
- centrálné mazanie pre dlhú životnosť,
- plnohodnotná doska 105x55 cm s ergonomickou prednou hranou a merítkom,
- odkladacia kapsa sa cievky a zásuvka na náradie,
- spojkový motor 1x240 V alebo 3x380 V podľa želania

TECHNICKÉ PARAMETRE ŠIJACIEHO STROJA:

- ihla – DBx1 11-14/75-90
- dĺžka stehu max. 5 mm
- zdvih pätky 5,5 mm ručný/13mm kolennou pákou
- max. otáčky 4500 – 5000 ot./min.

PRÍLOHA 3 C - Plochý šijací stroj s retiazkovým stehom DT4-B261, Brother

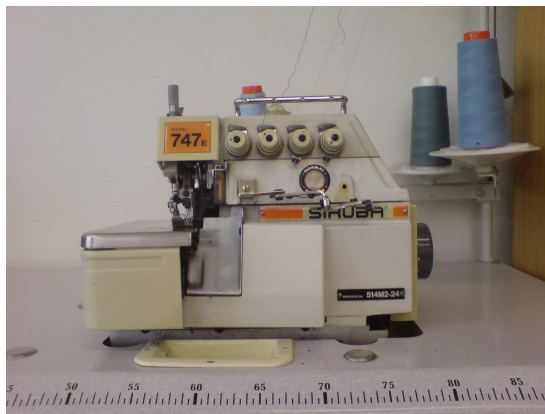


- pôvodne ide o šijací stroj s krycím stehom, ktorý bol upravený na šijací stroj s 2-nitným retiazkovým stehom
- ovládanie prítlačnej pätky pomocou šľapadla

TECHNICKÉ PARAMETRE MOTORU ŠIJACIEHO STROJA:

- typ motoru: 1148 2T37/C
- napätie: 220 – 240 V / 380 – 415 V
- výkon: 550 W
- max. otáčky motoru: 2800/3400 ot./min.

PRÍLOHA 3 D - 4-nitný obnitkovací šijací stroj s orezom 514M2-24, SIRUBA®



- 4-nitný, 2-ihlový obnitkovací šijací stroj s diferenciálnym podávaním
- vyradením jednej ihly z činnosti je možné šiť 3-nitným obnitkovacím stehom
- centrálné mazanie s filtráciou pre dlhú životnosť
- nastaviteľná dĺžka stehu
- zásuvka na náradie

TECHNICKÉ PARAMETRE MOTORU OBNITKOVACIEHO STROJA:

- spojkový motor 3x380 V
- max. otáčky: 2850 ot./min.

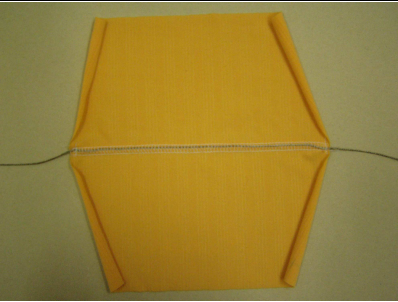
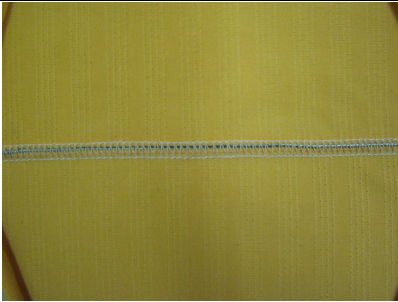
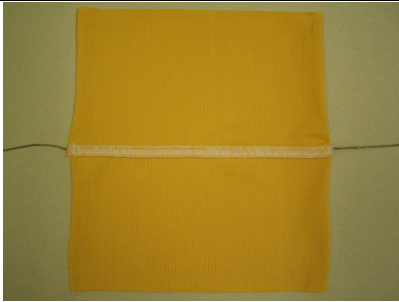
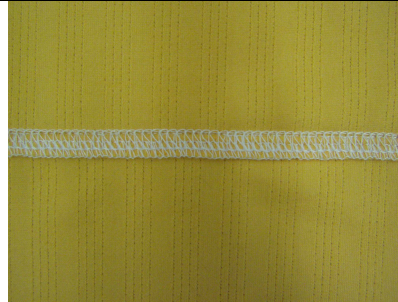
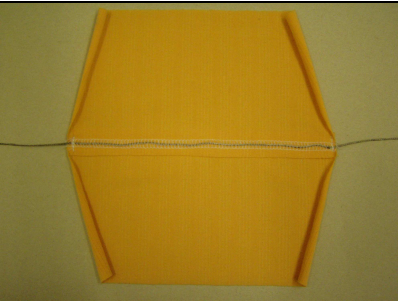
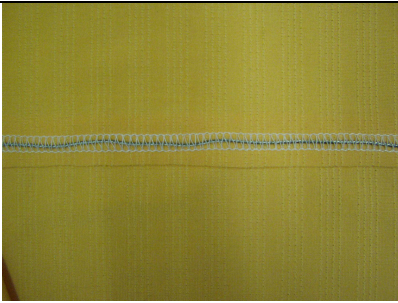
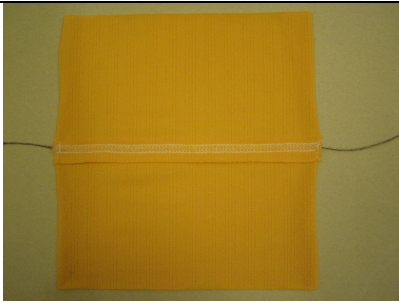
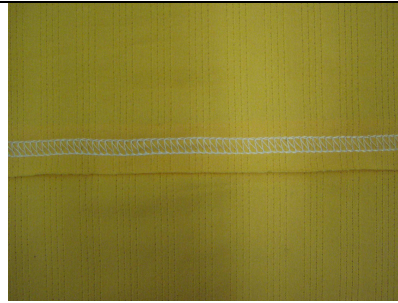
PRÍLOHA 4

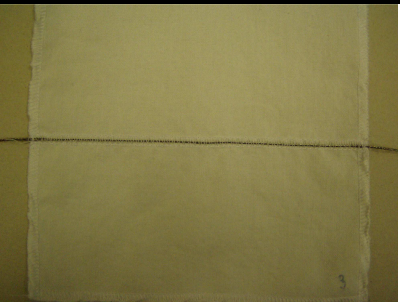
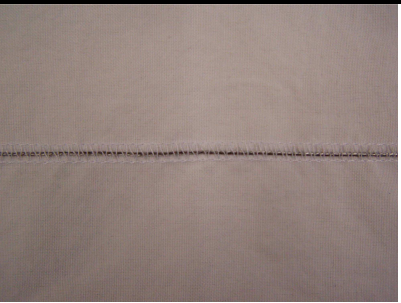

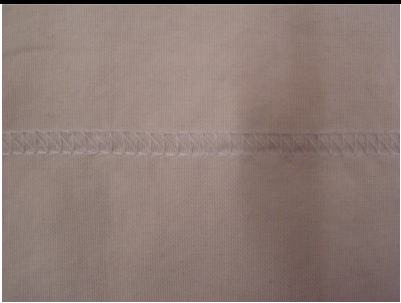
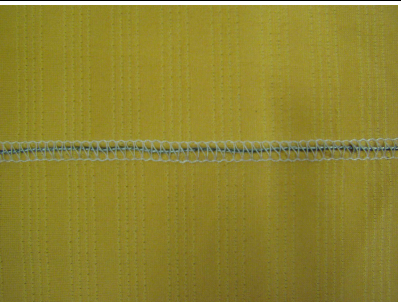

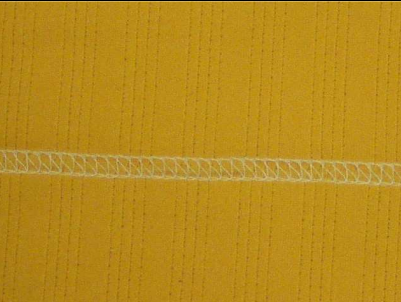

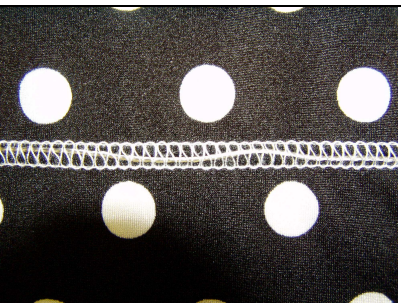
PRÍLOHA 4 A - Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou špeciálnej strojovej pätky pre privedenie vodivej nite do miesta krycieho stehu.



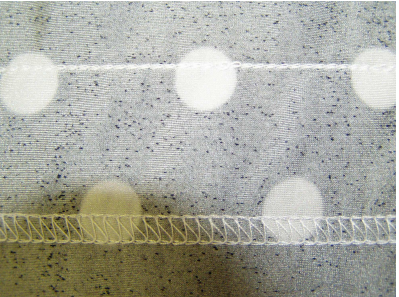

PRÍLOHA 4 B - Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou lemovaciego zariadenia pre privedenie vodivej nite do miesta lemovaciego švu.

PRÍLOHA 4 C - Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou zakladacieho zariadenia pre privedenie vodivej nite do miesta obrubovaciego švu.





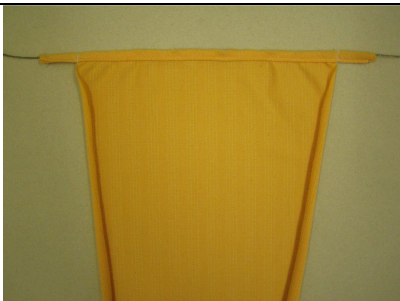
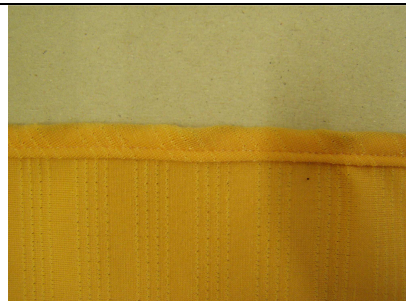

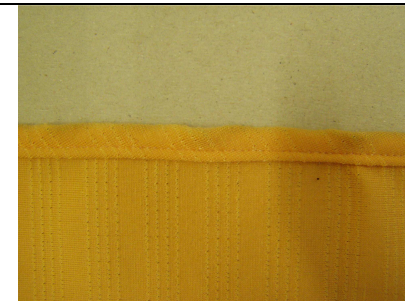
PRÍLOHA 4 A - Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou špeciálnej strojovej pätky pre privedenie vodivej nite do miesta krycieho stehu.

Druh použitého materiálu (*)	Trieda švu	Aplikácia vodivej nite do švu pomocou špeciálnej strojovej pätky.			
		Pohľad z LS	Detail z LS	Pohľad z RS	Detail z RS
B	1.01.02				
B	2.01.02				

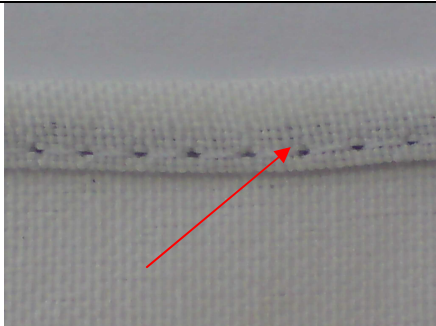

A	5.01.01				
B					
C					

B					
C	5.06.01				
B	5.06.04				

PRÍLOHA 4 B - Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou lemovacieho zariadenia pre privedenie vodivej nite do miesta lemovacieho švu.

Druh použitého materiálu (*)	Trieda švu	Aplikácia vodivej nite do švu pomocou lemovacieho prídavného zariadenia.			
		Pohľad z LS	Detail z LS	Pohľad z RS	Detail z RS
A	3.22.01				
B					

PRÍLOHA 4 C - Zhotovenie elektricky vodivej dráhy pomocou zakladacieho zariadenia pre privedenie vodivej nite do miesta obrubovacieho švu.

Druh použitého materiálu (*)	Trieda švu	Aplikácia vodivej nite do švu pomocou zakladacieho prídavného zariadenia.	
		Detail z LS (**)	Detail z LS (***)
A	6.03.01		

Poznámka:

(*) Druhy materiálov: A – Tkanina – bavlnárskeho typu (50% CO/50% PL), B – Pletenina – jednolícna záťažná pletenina (67% PL/27% Pesh Coolmax fresh /6% Lycra), C – Pletenina – plávkovina (80% PA/20%Elastan).

(**) V mieste prešitia obrubovacieho švu je vodivá niť zachytená

(***) V mieste prešitia obrubovacieho švu vodivá niť vylieza skrz šev

} preto tieto vzorky neboli použité pre ďalšie spracovanie experimentálnej časti diplomovej práce.

PRÍLOHA 5

PRÍLOHA 5

- Parametre multimetru Omega HHM290



- Zabudovaný bezkontaktný infra-teplomer s patentovo chráneným laserovým kruhovým zameriavaním
- Digitálne nastavenie hodnoty emisivity od 0,1 po 1,00 s krokom 0,01
- Použitá optika 10:1 (pomer vzdialenosti k meranej ploche)
- Vysoký výkon, odolné prevedenie, dobre čitateľne podsvietený LCD displej
- Možnosť pripojenie 2 termočlánkov typu K a možnosť zobrazenia teploty (T1 a T2) alebo teplotného rozdielu (T1 – T2)
- Funkčný multimeter umožňujúci záznam Min, Max. i priemerné merané hodnoty
- Meranie napätí, prúdu, odporov, frekvencie, atď.
- Zabudované testovanie diód a logických obvodov
- Batériové napájanie i možnosť napájania pomocou sieťového adaptéru
- Automatické vypnutie prístroja, pokiaľ nie je dlhšie používaný
- Súčasťou prístroja je gumový ochranný kryt a uchytienie pre statív

Rozsah: 430Ω; 4,3kΩ; 43kΩ; 430kΩ; 4300kΩ; 43MΩ

Presnosť: $\pm(0,3\% \text{ rdg} + 3 \text{ dgts})$

PRÍLOHA 6

PRÍLOHA 6

- Parametre automatickej pračky SAMSUNG WF-

F1062



- Predom plnená automatická pračka energetickej triedy A, triedy pracieho výkonu A a s účinnosťou odstredovania C
- Kapacita suchého prádla: 4,50 kg
- Spotreba vody pri praní: 46 l
- Regulácia spotreby vody: automatika množstva
- Možnosť odloženia štartu

Ďalšie parametre:

- Otáčky: 1000 ot./min.
- Keramické topné teleso
- LED displej
- Fuzzy logic
- 6 základných pracích programov
- máchanie + odstredovanie
- odstredovanie
- odčerpanie vody
- stop po máchaní bez odčerpania vody
- odložený štart (24 hodín)
- detský zámok
- ochrana proti krčeniu, peneniu a proti prehriatiu
- samočistiaci filter
- autodiagnostický systém hlásenia závad

PRÍLOHA 7

PRÍLOHA 7 A - Zmena vodivých vlastností vodivých dráh
– tkanina bavlnárskeho typu 50% CO/50% PES (vzorka A)

PRÍLOHA 7 B - Zmena vodivých vlastností vodivých dráh
– jednolícni záťažná pletenina 67% PES /27% Pesh Coolmax fresh /6% Lycra
(vzorka B)

PRÍLOHA 7 C - Zmena vodivých vlastností vodivých dráh
– jednolícna záťažná pletenina - plávkovina 80% PAD/20% Elastan (vzorkaC)

PRÍLOHA 7 D - Klimatické podmienky merania vodivých
vlastností vodivých dráh

PRÍLOHA 7 A - Zmena vodivých vlastností vodivých dráh – tkanina bavlnárskeho typu 50% CO/50% PL (vzorka A)

Tab. 17: Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 3.22.01 A)

Počet meraní	Pôvodný elektrický odpor R [Ω/cm]	Zmena elektrického odporu R [Ω/cm]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	1,420	2,360	2,540	2,580	2,810	2,750
2.	1,540	2,310	2,470	2,700	2,710	2,830
3.	1,500	2,080	2,340	2,320	2,530	2,530
4.	1,540	2,480	2,570	2,750	2,850	2,720
5.	1,520	2,420	2,780	2,700	2,260	2,640
\bar{x}	1,504	2,330	2,540	2,610	2,632	2,694

Tab. 18: Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 3.22.01 A)

Počet meraní	Pôvodná elektrická vodivosť G [S]	Zmena elektrickej vodivosti G [S]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	0,704	0,424	0,394	0,388	0,356	0,364
2.	0,649	0,433	0,405	0,370	0,369	0,353
3.	0,667	0,481	0,427	0,431	0,395	0,395
4.	0,649	0,403	0,389	0,364	0,351	0,368
5.	0,658	0,413	0,360	0,370	0,442	0,379
\bar{x}	0,665	0,431	0,395	0,385	0,383	0,372

Tab. 19: Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 5.01.01 A)

Počet meraní	Pôvodný elektrický odpor R [Ω/cm]	Zmena elektrického odporu R [Ω/cm]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	1,530	2,580	2,790	2,450	2,330	2,720
2.	1,530	2,140	2,720	2,300	2,710	2,650
3.	1,560	2,260	2,500	2,200	2,740	2,700
4.	1,500	2,220	2,220	2,850	2,480	2,740
5.	1,500	2,250	2,090	2,900	2,630	2,340
\bar{x}	1,524	2,290	2,464	2,540	2,578	2,630

Tab. 20: Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 5.01.01 A)

Počet meraní	Pôvodná elektrická vodivosť G [S]	Zmena elektrickej vodivosti G [S]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	0,654	0,388	0,358	0,408	0,429	0,368
2.	0,654	0,467	0,368	0,435	0,369	0,377
3.	0,641	0,442	0,400	0,455	0,365	0,370
4.	0,667	0,450	0,450	0,351	0,403	0,365
5.	0,667	0,444	0,478	0,345	0,380	0,427
\bar{x}	0,656	0,438	0,411	0,399	0,389	0,382

PRÍLOHA 7 B - Zmena vodivých vlastností vodivých dráh
– jednolíní zát'azna pletenina 67% PL /27% PEsh Coolmax fresh /6%
Lycra (vzorka B)

Tab. 21: Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 1.01.02 B)

Počet meraní	Pôvodný elektrický odpor R [Ω/cm]	Zmena elektrického odporu R [Ω/cm]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	1,570	1,700	1,770	2,070	2,020	2,200
2.	1,560	1,780	1,760	2,080	2,230	2,050
3.	1,580	1,770	1,800	2,030	2,600	2,480
4.	1,570	1,980	1,970	2,130	2,100	2,680
5.	1,490	1,710	1,710	2,200	2,120	2,010
\bar{x}	1,554	1,788	1,802	2,102	2,214	2,284

Tab. 22: Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 1.01.02 B)

Počet meraní	Pôvodná elektrická vodivosť G [S]	Zmena elektrickej vodivosti G [S]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	0,637	0,588	0,565	0,483	0,495	0,455
2.	0,641	0,562	0,568	0,481	0,448	0,488
3.	0,633	0,565	0,556	0,493	0,385	0,403
4.	0,637	0,505	0,508	0,469	0,476	0,373
5.	0,671	0,585	0,585	0,455	0,472	0,498
\bar{x}	0,644	0,561	0,556	0,476	0,455	0,443

Tab. 23: Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 2.01.02 B)

Počet meraní	Pôvodný elektrický odpor R [Ω/cm]	Zmena elektrického odporu R [Ω/cm]				
		Počet prácich cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	1,550	1,780	2,050	2,120	2,390	2,840
2.	1,620	1,600	2,020	2,080	2,020	2,350
3.	1,530	1,700	2,280	2,050	2,100	2,300
4.	1,580	1,710	2,080	2,220	2,100	2,390
5.	1,550	1,670	2,100	2,270	2,300	2,590
\bar{x}	1,566	1,692	2,106	2,148	2,182	2,494

Tab. 24: Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 2.01.02 B)

Počet meraní	Pôvodná elektrická vodivosť G [S]	Zmena elektrickej vodivosti G [S]				
		Počet prácich cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	0,645	0,562	0,488	0,472	0,418	0,352
2.	0,617	0,625	0,495	0,481	0,495	0,426
3.	0,654	0,588	0,439	0,488	0,476	0,435
4.	0,633	0,585	0,481	0,450	0,476	0,418
5.	0,645	0,599	0,476	0,441	0,435	0,386
\bar{x}	0,639	0,592	0,476	0,466	0,460	0,403

Tab. 25: Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 3.22.01 B)

Počet meraní	Pôvodný elektrický odpor R [Ω/cm]	Zmena elektrického odporu R [Ω/cm]				
		Počet prácich cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	1,540	1,980	2,100	2,030	2,660	2,060
2.	1,510	1,880	2,090	2,150	2,380	2,820
3.	1,530	1,900	2,080	2,120	2,370	2,760
4.	1,580	1,920	2,120	2,000	2,320	2,440
5.	1,550	1,910	2,150	2,310	2,300	2,000
\bar{x}	1,542	1,918	2,108	2,122	2,406	2,416

Tab. 26: Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 3.22.01 B)

Počet meraní	Pôvodná elektrická vodivosť G [S]	Zmena elektrickej vodivosti G [S]				
		Počet prácich cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	0,649	0,505	0,476	0,493	0,376	0,485
2.	0,662	0,532	0,478	0,465	0,420	0,355
3.	0,654	0,526	0,481	0,472	0,422	0,362
4.	0,633	0,521	0,472	0,500	0,431	0,410
5.	0,645	0,524	0,465	0,433	0,435	0,500
\bar{x}	0,649	0,522	0,474	0,472	0,417	0,422

Tab. 27: Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 5.01.01 B)

Počet meraní	Pôvodný elektrický odpor $R [\Omega/\text{cm}]$	Zmena elektrického odporu $R [\Omega/\text{cm}]$				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	1,690	1,720	2,270	2,250	2,070	2,580
2.	1,600	1,680	2,230	2,400	2,220	2,410
3.	1,570	1,860	2,070	2,220	2,250	2,360
4.	1,580	1,750	2,030	2,010	2,400	2,210
5.	1,640	1,840	2,130	2,140	2,120	2,320
\bar{x}	1,616	1,770	2,146	2,204	2,212	2,376

Tab. 28: Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 5.01.01 B)

Počet meraní	Pôvodná elektrická vodivosť $G [\text{S}]$	Zmena elektrickej vodivosti $G [\text{S}]$				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	0,592	0,581	0,441	0,444	0,483	0,388
2.	0,625	0,595	0,448	0,417	0,450	0,415
3.	0,637	0,538	0,483	0,450	0,444	0,424
4.	0,633	0,571	0,493	0,498	0,417	0,452
5.	0,610	0,543	0,469	0,467	0,472	0,431
\bar{x}	0,619	0,566	0,467	0,455	0,453	0,422

Tab. 29: Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 5.06.01 B)

Počet meraní	Pôvodný elektrický odpor R [Ω/cm]	Zmena elektrického odporu R [Ω/cm]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	1,600	1,710	1,770	2,120	2,270	2,810
2.	1,540	1,920	1,880	2,190	2,000	2,320
3.	1,590	1,880	1,800	2,300	2,340	2,650
4.	1,580	1,640	1,930	2,160	2,290	2,690
5.	1,510	1,680	1,960	2,220	2,470	2,300
\bar{x}	1,564	1,766	1,868	2,198	2,274	2,554

Tab. 30: Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 5.06.01 B)

Počet meraní	Pôvodná elektrická vodivosť G [S]	Zmena elektrickej vodivosti G [S]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	0,625	0,585	0,565	0,472	0,441	0,356
2.	0,649	0,521	0,532	0,457	0,500	0,431
3.	0,629	0,532	0,556	0,435	0,427	0,377
4.	0,633	0,610	0,518	0,463	0,437	0,372
5.	0,662	0,595	0,510	0,450	0,405	0,435
\bar{x}	0,640	0,569	0,536	0,455	0,442	0,394

Tab. 31: Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 5.06.04 B)

Počet meraní	Pôvodný elektrický odpor R [Ω/cm]	Zmena elektrického odporu R [Ω/cm]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	1,590	1,930	1,990	2,380	2,730	2,300
2.	1,630	1,740	1,810	2,020	2,300	2,450
3.	1,580	1,710	1,980	2,050	2,450	2,470
4.	1,570	1,850	1,970	2,060	2,530	2,330
5.	1,580	1,770	1,910	2,120	2,380	2,870
\bar{x}	1,590	1,800	1,932	2,126	2,478	2,484

Tab. 32: Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 5.06.04 B)

Počet meraní	Pôvodná elektrická vodivosť G [S]	Zmena elektrickej vodivosti G [S]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	0,629	0,518	0,503	0,420	0,366	0,435
2.	0,613	0,575	0,552	0,495	0,435	0,408
3.	0,633	0,585	0,505	0,488	0,408	0,405
4.	0,637	0,541	0,508	0,485	0,395	0,429
5.	0,633	0,565	0,524	0,472	0,420	0,348
\bar{x}	0,629	0,557	0,518	0,472	0,405	0,405

PRÍLOHA 7 C - Zmena vodivých vlastností vodivých dráh
– jednolícna zát'ážná pletenina - plávkovina 80% PA/20% Elastan
(vzorkaC)

Tab. 33: Zmena elektrického odporu v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 5.01.01 C)

Počet meraní	Pôvodný elektrický odpor R [Ω/cm]	Zmena elektrického odporu R [Ω/cm]				
		Počet prácíh cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	1,540	1,810	1,840	2,040	2,320	2,580
2.	1,570	1,740	1,830	2,040	2,370	2,150
3.	1,570	1,700	1,730	2,180	2,010	2,580
4.	1,570	1,710	1,780	2,100	2,030	2,650
5.	1,570	1,760	1,730	2,030	2,150	2,140
\bar{x}	1,564	1,744	1,782	2,078	2,176	2,420

Tab. 34: Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na práci cyklus (vodivá dráha 5.01.01 C)

Počet meraní	Pôvodná elektrická vodivosť G [S]	Zmena elektrickej vodivosti G [S]				
		Počet prácíh cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	0,649	0,552	0,543	0,490	0,431	0,388
2.	0,637	0,575	0,546	0,490	0,422	0,465
3.	0,637	0,588	0,578	0,459	0,498	0,388
4.	0,637	0,585	0,562	0,476	0,493	0,377
5.	0,637	0,568	0,578	0,493	0,465	0,467
\bar{x}	0,639	0,574	0,562	0,482	0,462	0,417

Tab. 35: Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na prací cyklus (vodivá dráha 5.06.01 C)

Počet meraní	Pôvodný elektrický odpor R [Ω/cm]	Zmena elektrického odporu R [Ω/cm]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	1,590	1,720	2,140	2,060	2,360	2,470
2.	1,550	1,850	2,280	2,550	2,200	2,800
3.	1,550	1,740	2,150	2,510	2,230	2,700
4.	1,510	1,910	2,000	2,100	2,440	2,200
5.	1,560	1,700	2,240	2,000	2,120	2,700
\bar{x}	1,552	1,784	2,162	2,244	2,270	2,574

Tab. 36: Zmena elektrickej vodivosti v závislosti na prací cyklus (vodivá dráha 5.06.01 C)

Počet meraní	Pôvodná elektrická vodivosť G [S]	Zmena elektrickej vodivosti G [S]				
		Počet pracích cyklov				
	Pred praním	Prvý	Druhý	Tretí	Štvrtý	Piaty
1.	0,629	0,581	0,467	0,485	0,424	0,405
2.	0,645	0,541	0,439	0,392	0,455	0,357
3.	0,645	0,575	0,465	0,398	0,448	0,370
4.	0,662	0,524	0,500	0,476	0,410	0,455
5.	0,641	0,588	0,446	0,500	0,472	0,370
\bar{x}	0,645	0,562	0,463	0,450	0,442	0,391

PRÍLOHA 7 D - Klimatické podmienky merania vodivých vlastností vodivých dráh

Tab. 37: Klimatické podmienky merania elektrického odporu vodivých dráh

Počet pracích cyklov	Klimatické podmienky	
	T [°C]	φ [%]
0x	22,0	55,0
1x	21,4	47,0
2x	21,5	50,0
3x	21,0	49,0
4x	21,7	53,0
5x	21,5	48,0
\bar{x}	21,5	50,3